Tech. 128 t Lehmann

<36635210120013 S

<36635210120013

Bayer. Staatsbibliothek

E

PHYSIKALISCHE TECHNIK

SPECIELL

ANLEITUNG

ZUR SELBSTANFERTIGUNG PHYSIKALISCHER APPARATE

VON

DR. O. LEHMANN
PROFESSOR AN DER K. TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN AACHEN.

MIT 882 HOLZSCHNITTEN IM TEXT UND 17 TAFELN.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1885.

195 D

PHYSIKALISCHE TECHNIK.

PHYSIKALISCHE TECHNIK

SPECIELL

ANLEITUNG

ZUR SELBSTANFERTIGUNG PHYSIKALISCHER APPARATE

VON

DR. O. LEHMANN

PROFESSOR AN DER K. TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN AACHEN.

MIT 882 HOLZSCHNITTEN IM TEXT UND 17 TAFELN.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1885.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorwort.

»Die Unbekanntschaft der Alten mit der Kunst des Experimentirens oder die geringe Ausbildung, welche sie bei ihnen erfuhr, ist einer der Gründe, weshalb ihre Physik so sehr zurückblieb« . . . »Mit dem Experimentiren hebt eigentlich die aktive selbständige Naturforschung erst an«. Dieses Resultat der Geschichtsforschung, welches ich nach Poggendorff's ausgezeichneten Vorlesungen über Geschichte der Physik citire, zeigt klar und deutlich, welches der einzig richtige und zuverlässige Weg ist, den derjenige einzuschlagen hat, der sich das Studium physikalischer Erscheinungen zu seiner Lebensaufgabe gemacht hat.

Experimentiren heißt bekanntlich, die zu untersuchende Naturerscheinung nicht allein in einem bestimmten Falle genau beobachten und messen, sondern möglichst oft, unter weitgehendster Abänderung aller Größen, die für deren Zustandekommen von Einfluss sind, um so die Abhängigkeit der Erscheinung von den Versuchsbedingungen, eventuell über die Form der mathematischen Function, welche diese Abhängigkeit ausdrückt, ein sorgfältig begründetes, sicheres Urtheil gewinnen und die wahren Ursachen des Phänomens mit aller Klarheit übersehen zu können.

Die variablen Größen, die hier in Betracht kommen, sind freilich nicht wie diejenigen des Mathematikers abstrakte Begriffe, sondern physische, greifbare Dinge, Stücke Materie von sehr verschiedener Form und in sehr verschiedenem Zustande, und Aenderung derselben verlangt somit in erster Linie genaue Bekanntschaft mit allen denjenigen Operationen, welche zur Aenderung der Form und des Zustandes der Materie zweckdienlich und erforderlich sind.

Die Gesammtheit dieser Kenntnisse bildet den Hauptinhalt der »physikalischen Technik.«*)

*) Im weiteren Sinne umfasst dieselbe auch die Anleitung zur Ausführung phys. Messungen und zu Demonstrationsversuchen bei physik. Vorträgen. Da für diese Gebiete bereits eine sehr reiche Literatur vorliegt, so wurden sie im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Es genüge der Hinweis auf die ausgezeichneten neueren Werke von F. Kohlrausch, »Leitfaden der praktischen Physik«, Leipzig, 1884, und Wein-

Die Principien der physikalischen Technik sind die gleichen wie diejenigen der gewöhnlichen Technik, nur die Art der Anwendung ist eine verschiedene. Während dem Handwerker, der Gebrauchsgegenstände des täglichen Lebens fertigt, viel daran gelegen ist, eine gefällige, eventuell kunstvoll verzierte Arbeit zu liefern, diesen betr. Artikel zur Verminderung des Preises in möglichst großer Masse zu fabriciren und sich somit thunlichst auf Specialitäten zu beschränken, also Specialmaschinen zu benutzen, so ist dem Physiker in erster Linie daran gelegen, dass die Vorrichtung, die er wünscht, genügend sei, die bestimmte Frage zu lösen, deren Beantwortung er sich gerade zur Aufgabe gestellt hat, unbekümmert darum, ob die Formen kunstgerecht und die einzelnen Theile tadellos ausgearbeitet sein mögen oder nicht. Es ist ihm ferner von Wichtigkeit, alle diejenigen Hülfsmittel zu besitzen, die nöthig sind, den gegebenen Apparat ohne erheblichen Zeitverlust in verschiedenster Weise abzuändern, einerlei welche Art der Bearbeitung oder welche Sorte von Rohmaterialien dazu zur Verwendung kommen mögen. Manche Physiker sind in der glücklichen Lage, einen Mechaniker zur Verfügung zu haben, der solche vielseitigen Kenntnisse besitzt und die Fähigkeit hat, sich rasch über ein ihm vorgelegtes technisches Problem zu orientiren, andere besitzen wenigstens reichliche Mittel um die nöthigen Utensilien von auswärtigen Mechanikern beziehen oder durch Handwerker herstellen lassen zu können; gar mancher aber ist genöthigt, sich zu helfen, wie es eben geht, mit Wachs, Siegellack, Glasröhren, Pappe und Drähten. Er opfert zahllose kostbare Stunden der Zerbrechlichkeit und Unvollkommenheit seines Apparates oder muss gar auf die interessantesten, zweckentsprechendsten Experimente verzichten, eben weil es ihm an Mitteln gebricht, ohne große Kosten und ohne großen Zeitverlust einen geeigneten Apparat zu beschaffen. Und wäre auch ein gefälliger Mechaniker zu Diensten und der Apparat durch diesen bald, billig und zweckentsprechend vollendet, wie leicht ist es möglich, dass irgend eine Kleinigkeit zerbricht oder einer der Bestandtheile sich als verfehlt erweist! Soll nun wieder das Ganze zurückgeschickt und auf's neue abgewartet werden, bis es dem Mechaniker möglich ist, die Wünsche seines Kunden zu befriedigen?

Jedem, der wirklich schon mit solchen »technischen Schwierigkeiten« zu kämpfen hatte, dürfte es wohl erwünscht sein, eine Anleitung zu besitzen, welche ihm ermöglicht, sich über die in Frage kommenden Arbeiten zu informiren.

hold, »Physikalische Demonstrationen«, Leipzig, 1881, sowie auf die älteren Werke von Külp, »Die Schule des Physikers«, Frick, »Physikalische Technik«, und Heussi, »Der physikalische Apparat«.

Man könnte hier den Einwand erheben, dass technische Fertigkeiten in erster Linie auf vielfacher Uebung beruhen und sich deshalb nur in der Werkstätte, nicht durch das Studium eines Buches erwerben lassen.

Ich gebe gerne zu, dass dieser Einwurf voll berechtigt wäre, falls es sich um die Ausbildung eines Handwerkerlehrlings handelte. Dem Physiker aber, der seine Wissenschaft nicht als Brodwissenschaft, sondern einem inneren Drange folgend, mit Begeisterung betreibt, steht immer eine natürliche Befähigung zu derartigen Arbeiten, sowie die ganze Ueberlegenheit seiner Bildung zu Gebote, so dass er sich mit Leichtigkeit über Schwierigkeiten hinwegsetzen wird, die dem Ungebildeten unüberwindlich scheinen. Dabei ist außerdem wohl zu beachten, dass es sich, wie schon bemerkt, nicht um Herstellung zum Verkaufe oder gar für eine Ausstellung bestimmter Gegenstände handelt, sondern lediglich darum, in dem gegebenen Augenblick eine Vorrichtung herzustellen, welche dem beabsichtigten Zwecke genügt, gleichgültig ob sie nun tadellos schön oder unschön aussieht.

Hat der Apparat seinen Zweck erfüllt, so werden seine Elemente alsbald wieder getrennt und in gesonderten Kästchen nach einem übersichtlichen Schema wohl geordnet aufbewahrt. Hat sich im Laufe der Zeit ein größerer Vorrath solcher Theile angesammelt, so wird dadurch ungemein viel Zeit erspart, indem man dieselben Theile eventuell unter geringer Abänderung immer wieder für neue Combinationen verwenden kann und nicht mehr nöthig hat, alles direkt aus Rohstoffen herzustellen. Freilich erfordern derartige Arbeiten eine gut ausgestattete Werkstätte und einen reichhaltigen Vorrath von Materialien; ja ich möchte behaupten weit mehr, als ein sehr geübter und geschickter Mechanikus gebrauchen wird, denn diesen befähigt seine Sachkenntnis und Erfahrung in vielen Fällen, mit sehr einfachen Hülfsmitteln auszukommen, wo sich der Ungeübte complicirter Werkzeuge oder Maschinen bedienen muss.

Der Kostenaufwand, den eine solche vollkommene Einrichtung verursacht, ist allerdings ziemlich beträchtlich, doch kann man sich im Laufe der Zeit je nach Bedürfnis das eine oder andere nach und nach beschaffen und wird dann auch mit geringen Mitteln schließlich zum Ziele kommen. So sind z. B. die meisten Figuren dieses Buches nach Gegenständen angefertigt, welche die kleine Werkstätte enthielt, die ich als Lehrer an der Mittelschule in Mülhausen i/E. dort eingerichtet hatte.*) Begabtere meiner Schüler haben mich dort sehr wirk-

*) Eine Beschreibung derselben ist in der Beilage zum Programm von 1880 enthalten.

sam bei solchen Arbeiten unterstützt und eine Reihe ganz brauchbarer Apparate (speciell für den Unterricht) angefertigt, welche in dem citirten Programm aufgezählt sind und jeweils gelegentlich der Schulprüfungen ausgestellt wurden. Wesentliche Dienste leistete mir auch ein Fabrikarbeiter (Schlosser), der in freien Stunden manche Apparate zu wissenschaftlichen Zwecken, z. B. das in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1884 pag. 369—376 beschriebene Krystallisationsmikroskop aufbauen half und dabei die gröberen und anstrengenderen Arbeiten ausführte.

Gerade bei dieser eigenen Thätigkeit empfand ich nun ein sehr lebhaftes Bedürfnis, eine Anleitung zur Anfertigung von Apparaten zu besitzen, und in Ermangelung einer solchen gelangte ich schließlich dazu, die gewonnenen Erfahrungen unter Benutzung der mir zugänglichen Literatur selbst zusammenzustellen und zu veröffentlichen, mit dem Wunsche, damit demjenigen, der ähnlichen Zielen nachstrebt, einige Arbeit zu ersparen. Möge das Buch diesen Zweck erreichen und Manchem ein willkommenes Hülfsmittel sein!

Für die sehr reichliche Ausstattung des Buches sei mir gestattet, an dieser Stelle dem Verleger desselben, Herrn Dr. R. Engelmann, meinen besten Dank auszuprechen.

Aachen, Ostern 1885.

Dr. O. Lehmann.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1

I. Abschnitt. Methoden der Bearbeitung.

Uebertragung der Zeichnung 6

A. Bearbeitung unter Verminderung der Masse 11

1) Schneiden von Kautschuk, Leder Kork, Papier und Pappe 11

2) Abmeißeln, Abschroten, Abkneifen und Rohrabschneiden 15

3) Schnitzen und Stemmen, Graviren und Ciseliren 18

4) Holz- und Metallhobeln 22

5) Holzdrehen 27

6) Metalldrehen 31

7) Holzbohren 39

8) Metallbohren 41

9) Schraubenschneiden 47

10) Sägen von Holz und Metall 54

11) Raspeln und Feilen 59

12) Schaben und Schleifen 68

13) Scheren und Durchstanzen (Lochen) 73

14) Spalten und Steinschleifen 77

15) Stein- und Glasschleifen 82

16) Abätzen und Abschmelzen 86

B. Bearbeitung ohne Aenderung der Masse 90

17) Biegen und Drücken von Metall 90

18) Blechschlagen und -Prägen 97

19) Poliren von Metall 103

20) Schmieden 105

21) Glasblasen 112

22) Drücken und Pressen von Kautschuk, Horn, Leder, Holz etc. 117

23) Gyps-, Leim- und Papierteigformen 120

24) Formen von Wachs, Thon und Sand 123

25) Metallgießen 126

26) Galvanoplastik 130

C. Bearbeitung unter Vermehrung der Masse 133

27) Metallisiren, Galvanisiren, Metallfärben 133

28) Holzlackiren und -Poliren, -Anstreichen und -Vergolden 139

29) Zeichnen, Malen, Drucken, Photographiren 143

30) Schweißen, Glas- und Kautschuklöthen 150

Seite
31) Leimen, Kitten, Hart- und Weichlöthen, Galvanoplastisch-Löthen . . . 154
32) Nieten, Falzen, Fugen, Knüpfen, Flechten, Spinnen, Weben, Nähen, Keilen, Spannen, Nageln, Schrauben . . . 163
Einrichtung der Werkstätte . . . 170
A. Rohmaterialien . . . 173
B. Bearbeitete Materialien . . . 174

II. Abschnitt. Methoden der Construction. . . . 178

I. Verbindung durch Schweißen und Kitten . . . 179
II. Verbindung durch Löthen und Leimen . . . 183
III. Verbindung durch Knüpfen und Flechten . . . 187
IV. Verbindung durch Falzen und Nieten . . . 189
V. Verbindung durch Keilen und Spannen . . . 192
VI. Verbindung durch Schrauben . . . 196
VII. Gefäße . . . 200
VIII. Befestigung und Verbindung von Achsen . . . 205
IX. Fassungen für spröde und biegsame Körper . . . 209
X. Befestigung von Röhren . . . 213
XI. Befestigung durch Anbinden und Aufhängen . . . 217
XII. Füße und Gestelle . . . 222
XIII. Deckel und Verschlüsse . . . 228
XIV. Metallröhrenverbindungen . . . 233
XV. Verbindung nichtmetallischer Röhren . . . 237
XVI. Drehbare Verbindungen . . . 243
XVII. Gelenke . . . 249
XVIII. Führungen . . . 254
XIX. Kolben, Stopfbüchsen und Rohrgelenke . . . 259
XX. Transmissionen . . . 264
XXI. Kurbelmechanismen und Pumpen . . . 270
XXII. Handgriffe und Tretvorrichtungen . . . 276
XXIII. Sperr- und Auslösevorrichtungen . . . 280
XXIV. Hähne und Ventile . . . 285
XXV. Interruptoren und Commutatoren . . . 291
XXVI. Klemmen . . . 296
XXVII. Stative und Schlösser . . . 301
XXVIII. Vorrichtungen verschiedener Art . . . 305

III. Abschnitt. Zeichnung und Berechnung. . . . 307

A. Zeichnung . . . 308
B. Berechnung . . . 312
I. Algebraische Formeln . . . 312
II. Geometrische Formeln . . . 314
III. Physikalische Formeln . . . 318
1. Schwerpunkte . . . 318
2. Trägheitsmomente . . . 320
3. Gleichgewicht . . . 321
4. Reibung . . . 327
5. Festigkeit . . . 330
6. Beschleunigung . . . 333

Seite

7. Stoß 334
8. Centrifugalkraft 336
9. Hydraulik 336
10. Capillarität 338
11. Elasticität 340
12. Gravitation 342
13. Elektrostatik 344
14. Elektrische Ströme 348
15. Elektrodynamik 351
16. Magnetismus 356
17. Induction 358
18. Oscillationen 362
19. Akustik 364
20. Dioptrik und Katoptrik 366
21. Interferenz und Beugung 372
22. Polarisation und Doppelbrechung 374
23. Absorption und Emission 376
24. Wärme 376

Das absolute Maßsystem 382
Grundeinheiten 382
Abgeleitete Einheiten 383
Einheiten für Wärme und Licht 384
Bemerkungen 385

Tabellen:

I. Mathematik 386
1. Die Logarithmen der natürlichen Zahlen 387
2. Die trigonometrischen Zahlen 388

II. Physik 389
1. Einige Atomgewichte 389
2. Specifische Gewichte 389
3. Festigkeitscoefficienten 390
4. Elasticität 390
5. Reibungscoefficienten 391
6. Capillaritätsconstanten 391
7. Westliche Declination 392
8. Inclination 392
9. Horizontale Intensität (in Dynen) 392
10. Coefficient des inducirten Magnetismus 393
11. Specifische Inductionscapacität 393
12. Widerstände von Drähten 393
13. Specifische Widerstände von Flüssigkeiten 394
14. Specifische Widerstände von Isolatoren 394
15. Einfluss der Temperatur auf den Widerstand 394
16. Einfluss der Temperatur auf den Widerstand von Kupferdrähten . . . 395
17. Normalelemente 395
18. Constanten einiger Elemente 395
19. Die elektromotorische Kraft einiger Elemente 395
20. Elektrolyse 396
21. Polarisation 397
22. Thermoelektricität 397

Seite
23. Specifische Wärmen der Gase bei constantem Druck 397
24. Gesättigte Wasserdämpfe . 397
25. Dampfspannungen . 398
26. Siedepunkte . 398
27. Liquefaction . 399
28. Kritische Temperaturen und Drucke 399
29. Schmelzpunkte . 399
30. Latente Wärme . 399
31. Specifische Wärme . 400
32. Längenausdehnung (von 0 bis 100°) 400
33. Temperaturen beim Glühen des Eisens 400
34. Wärmeleitungsfähigkeit . 400
35. Reibungscoefficienten von Gasen 401
36. Relative Diffusionsconstanten 401
37. Endosmotische Aequivalente 401
38. Absorptionscoefficienten von Gasen 401
39. Löslichkeit einiger Salze . 402
40. Brennmaterialien . 402
41. Einige Verbrennungswärmen 402
42. Geschwindigkeit des Schalles 403
43. Schwingungszahlen . 403
44. Leuchtkraft . 403
45. Diathermansie . 403
46. Absorption strahlender Wärme der Gase 404
47. Brechungsexponenten . 404
48. Dispersion . 404
Literaturverzeichnis . 405
Register zu Abschnitt I . 407
Register zu Abschnitt II . 413
Tafelerklärungen . 418
Berichtigungen . 420

Einleitung.

Die beiden, durch keinen uns bekannten natürlichen Prozess zerstörbaren oder erschaffbaren Agentien, deren Wechselwirkung den Gegenstand physikalischer Untersuchungen bildet, Materie und Energie, sind einestheils zahlreicher Umwandlungen ihrer äußeren Erscheinung fähig, anderntheils gestatten sie eine quantitative Bestimmung, Messung, sowohl in Bezug auf ihre Menge, als hinsichtlich ihrer Vertheilung nach Raum und Zeit.

Zwei Kategorien von Apparaten sind also unentbehrlich zu physikalischen Arbeiten, werden immer und immer wieder gebraucht und müssen daher, wofern dies möglich, stets zum Gebrauche bereit, an geeigneter Stelle verwahrt bleiben, nämlich:

1) Erzeugungs- oder Produktionsinstrumente, z. B. Motoren, Heizvorrichtungen, Batterien u. dergl.
2) Mess- oder Präcisionsinstrumente, z. B. Goniometer, Wagen, Barometer, Thermometer u. dergl.

Apparate dieser beiden Gruppen wird kein Experimentator, falls nicht ganz besondere Gründe ihn dazu veranlassen, selbst anfertigen. Seltene Fälle indess ausgenommen, werden diese Vorrichtungen durchaus nicht genügen, sondern gerade der wichtigste, unentbehrlichste Apparat, derjenige, welcher die spezielle zu untersuchende Erscheinung hervorrufen soll, fehlt und kann nicht wie die genannten fertig im Handel bezogen werden.

Die erste und wichtigste, gewöhnlich auch schwierigste Arbeit des Forschers ist also das Aufsuchen einer seinem Zwecke möglichst vollkommen entsprechenden Construktion dieses Apparates dritter Kategorie und alsdann die wirkliche technische Ausführung seiner Idee, entweder mit eigener Hand oder mit Hülfe des Mechanikers.

Das erste, was hierzu erforderlich ist, ist ein theoretisches, möglichst einfaches in Linien ausgeführtes Schema, welches auf die Art und Weise der Verbindung einzelner Theile oder des Materials, aus welchem sie

bestehen, oder gar auf Größenverhältnisse nicht die mindeste Rücksicht zu nehmen braucht, sondern nur mit möglichster Uebersichtlichkeit die wichtigsten und unentbehrlichsten Theile darstellt.

Ist dieses Schema genau der Theorie entsprechend entworfen, so fertigt man sich eine ausführliche Skizze der wirklichen praktischen Ausführung an, immer noch ohne besondere Rücksicht auf die Correktheit der Zeichnung bezüglich der Maße, wohl aber so, dass sich deutlich daraus die Art und Weise der technischen Ausführung entnehmen lässt.

Indem man dieselbe prüfend überblickt, wird man bald da, bald dort eine Vorrichtung erkennen, die sich besser und zweckmäßiger, einfacher und billiger ausführen ließe. Hierzu bedarf es vor allen Dingen einer reicheren Erfahrung über die möglichen Arten der Ausführung. Je größer die Summe der gemachten Erfahrungen, um so rascher wird man zu definitiven Resultaten gelangen, mit um so mehr Zuversicht kann man sich auch der Hoffnung hingeben, die gewählte Construktionsweise werde zweckmäßig, die aufgewandte Arbeit somit nicht vergeblich sein.

Häufig macht man nun hierbei die Erfahrung, dass selbst bei ziemlicher Uebung das Gedächtnis im entscheidenden Momente seine Dienste versagt und man erst zu spät auf eine bessere Construktionsweise aufmerksam wird, obschon man dieselbe schon lange zuvor kannte. Aus diesem Grunde ist es selbst für den Geübten von großem Nutzen, bei der Aufstellung des Plans ein Verzeichnis zur Hand zu haben, welches die gebräuchlichsten, immer wiederkehrenden Anordnungen systematisch zusammenstellt, so dass jene Befürchtung, man möchte eine zweckmäßige Art der Ausführung übersehen, bedeutend gemindert wird. Im zweiten Theile des Buches habe ich deshalb ein solches Verzeichnis verschiedener erprobter Construktionsmethoden zusammengestellt und jeweils in Kurzem erklärt, zu welchem Zwecke diese, zu welchem jene den Vorzug verdienen. Meist findet man dabei ferner angegeben, wie, d. h. durch welche Arbeitsmethoden die Bearbeitung erfolgt, braucht also nur in dem ersten, die eigentliche technische Ausführung behandelnden Theil den betreffenden Abschnitt aufzuschlagen und kann daraus sofort die nöthigen Werkzeuge und den Gebrauch derselben erfahren. Natürlich darf man nicht hoffen, nun aller Schwierigkeit enthoben zu sein und leichthin mit geringer Mühe die begonnene Arbeit vollenden zu können. »Uebung macht den Meister« sagt das bekannte Sprichwort, d. h. es genügt nicht allein zu wissen, wie etwas ausgeführt wird, es müssen auch die Hände die nöthige Fertigkeit besitzen, die Werkzeuge leicht und zweckdienlich zu gebrauchen. Man schrecke also vor einigen ersten misslungenen Versuchen ja nicht zurück, sondern verdopple nur

seine Sorgfalt und denke daran, dass etwa verdorbenes Material und die verlorene Zeit eben Lehrgeld sind, das bei keiner Arbeit erspart bleibt, aber reichliche Zinsen bringt. Die allmählich erlangte Uebung wird die Ausdauer belohnen und hundertfältig den ersten Verlust ersetzen.

Ein Hauptmittel zur Förderung der Arbeit ist vor allen Dingen eine wohldurchdachte und in Bezug auf Größe und Stärke der beabsichtigten Wirkungsweise einerseits, andererseits auch den Festigkeitsgraden der verwendeten Materialien wohl entsprechende Zeichnung. Dieselbe muss also im Gegensatze zu der ersterwähnten Skizze ganz sorgfältig und möglichst reinlich ausgeführt sein, so dass man derselben ohne Schwierigkeit sofort die Maße jedes einzelnen Theils entnehmen kann. Man scheue die geringe Mühe, welche das Entwerfen einer solchen exakten Zeichnung verursacht, höchst einfache Fälle ausgenommen, niemals, denn man erleichtert sich dadurch, dass man der Zeichnung entsprechend jeden Theil ganz selbständig, ohne auf die Vollendung anderer warten zu müssen, ausführen kann, die Arbeit ganz außerordentlich und wird ferner auch die Genugthuung haben, dass schließlich alle Theile nahezu genau zusammenpassen, während anderenfalls in der Regel in Folge irgend eines unscheinbaren Umstandes, an welchen man während des Arbeitens gerade nicht dachte, so schlechtes Zusammenpassen stattfindet, dass oft große Partien, zuweilen selbst der ganze Apparat von neuem begonnen werden müssen.

Natürlich fertigt man die Zeichnung nicht um ihrer selbst willen an, sondern nur zum Zweck der nachfolgenden Bearbeitung. Ist dieselbe also fertig ausgearbeitet, so halte man sich auch daran und fertige die einzelnen Theile möglichst pünktlich den der Zeichnung entnommenen Maßen entsprechend.

In manchen Fällen gelangt man sehr einfach zum Ziele, indem man eine Copie der Zeichnung auf das Material (z. B. Blech) aufklebt oder sie mittelst blauen Oelpapiers darauf abpaust oder mittelst einer Art Pantographen überträgt. Gewöhnlich aber entwirft man auf dem Arbeitsstück eine ganz neue Zeichnung und zwar, weil dies meist unmöglich wäre, nicht die ganze auf einmal, sondern einen Theil nach dem anderen in dem Maße, als die Arbeit fortschreitet.

Fernerhin ist es zuweilen zweckmäßig, ohne Uebertragen der Zeichnung ganz allein nach dem Augenmaß die Arbeit zu beginnen und dann immer wieder von Zeit zu Zeit die wirklich erreichten Maße mit denen der Zeichnung zu vergleichen. Man gelangt durch solches Probiren bei einiger Uebung sehr rasch zum Ziele, bleibe aber stets des unschätzbaren Mechanikerspruchs eingedenk: »Lieber zehnmal messen, als einmal vergessen«.

Für manche häufiger vorkommenden Gegenstände fertigt man sich dauerhafte Schablonen (Leeren) aus Pappe oder Blech oder auch eigentliche Modelle und Formen aus Holz und Metall an.

Außerordentlich zweckmäßig ist es endlich, an den gebrauchten Werkzeugen irgend eine Führung anzubringen, welche dieselben nöthigt, genau in vorgeschriebener Richtung und nur bis zu abgemessener Breite und Tiefe zu wirken.

Sind alle Einzeltheile eines Apparates nach Maß fertig gearbeitet, so wird derselbe »montirt«, d. h. es werden diese Theile genau zusammengesetzt, etwa noch vorhandene Unebenheiten oder Ungenauigkeiten beseitigt und endlich hauptsächlich durch Zusammenschrauben, Nieten und Kitten vereinigt. Die für das Zusammenfügen nöthigen Schraubenlöcher, Nuthen für Keile u. dergl. werden, soweit dies möglich, erst jetzt ausgearbeitet, bisweilen sogar auch einzelne Theile überhaupt nur an den Stellen, wo sie zusammengepasst werden sollen, fertig gearbeitet und das übrige bleibt roh bis nach dem Montiren und wird dann erst vollendet. Endlich werden die blank bleibenden Eisentheile, welche äußerlich zu sehen sind und ein feines Aussehen haben sollen, mittels einer feinen Feile geschlichtet, mit feinem Schmirgel geschliffen und event. noch polirt. Rohen Stellen giebt man einen Lack- und Firnisanstrich, Holzarbeiten werden mit Oelfarbe gestrichen, lackirt und polirt, Messing und Kupfer entweder einfach polirt oder gebeizt und lackirt.

Hiermit sind zwar die Apparate völlig hergestellt, allein die Arbeit darf damit noch nicht abschließen, sondern sofort müssen alle gebrauchten Werkzeuge wieder gut gereinigt, geschliffen und geölt werden; denn je sauberer und reinlicher die Werkzeuge gehalten werden, je sorgfältiger namentlich ihre Schneiden abgezogen sind, um so leichter und angenehmer ist es damit zu arbeiten. Eine allezeit in gutem Stande gehaltene Werkstätte ist zum Gelingen der Arbeiten eine ganz unentbehrliche Bedingung.

Erster Abschnitt.

Methoden der Bearbeitung.

Die Methoden der Bearbeitung und Construktion, welche dazu führen, Rohstoffe, wie sie sich entweder fertig gebildet in der Natur vorfinden oder künstlich durch chemisch technologische Prozesse zu erhalten, oder als unförmliche Klumpen, Platten, Stäbe, Röhren u. dergl. im Handel zu beschaffen sind, derart umzugestalten, dass sie für den Gebrauch nöthige und zweckentsprechende Form erhalten, lassen sich im wesentlichen in drei Kategorien sondern.

Die eine derselben zielt darauf ab, die Masse des Körpers durch Abspalten oder Abschneiden einzelner Theilchen zu verändern, die zweite beabsichtigt lediglich durch Verbiegen, Pressen oder Umgießen ohne wesentliche Aenderung der Masse nur die äußere Form zu ändern; die dritte endlich sucht durch Hinzufügen neuer Stücke, durch Anschweißen, Ankitten, Anschrauben u. dergl., also unter Vergrößerung der Masse, einen mehr oder minder complicirten Körper oder Mechanismus herzustellen, dessen Zusammenhang hinreichend dauerhaft ist, um allen den Anforderungen zu genügen, welche zur Erreichung des erstrebten Zieles zweckdienlich und erforderlich sind.

Nur selten reichen die beiden ersten Bearbeitungsmethoden allein aus zur Herstellung eines Apparates, und selbst wenn dies der Fall, z. B. bei Thon- und Glaswaaren, gegossenen und geschmiedeten Gegenständen, so sind dieselben doch meist derart mit Umständlichkeiten und Kosten verknüpft, dass sie nicht von dem Einzelnen, sondern nur von größeren Werkstätten oder Fabriken ausgeführt werden können, somit von Selbstanfertigung in solchen Fällen überhaupt nicht die Rede ist. Weit mehr dienen diese beiden Arbeitsmethoden zur Herstellung einzelner Theile, aus welchen dann vermöge einer Methode dritter Kategorie ein oft sehr complicirter Mechanismus hergestellt wird, der gerade des-

halb, weil die einzelnen Elemente nur klein und einfach sind, zur Selbstanfertigung sehr wohl geeignet erscheint.

Bei Beschreibung der Verbindungsweisen der einzelnen Theile empfiehlt es sich auszugehen von denjenigen Methoden, welche lediglich eine feste Verbindung zweier oder mehrerer Theile bedingen, von diesen überzugehen zu denjenigen, die zwar ebenfalls die gegenseitige Verschiebung der Theile einschränken, indess noch eine einseitige Bewegung gestatten oder die Bewegung nur erschweren oder derselben bestimmte Grenzen setzen. Aus solchen festen und beweglichen Verbindungen setzen sich weiter Vorrichtungen zusammen, die ermöglichen, die Bewegung von einem Körper auf den andern zu übertragen, oder eine Art von Bewegung in eine andere oder in eine andere Form von Energie oder auch eine solche in eine beliebige zweite zu verwandeln. Zu diesen schon ziemlich complicirten Apparaten treten schließlich diejenigen, welche den Vorgang der Umwandlung in bestimmter Weise reguliren, oder den Gang der Uebertragung von Energie von einem Ort zu einem andern in vorgeschriebener Weise ordnen. Combinationen solcher Vorrichtungen mit den früheren bilden die vollkommensten Maschinen, die der Mensch überhaupt zu erzeugen im stande ist.

Ordnet man den Stoff in der dargelegten Reihenfolge, so resultirt zwar kein System coordinirter Abtheilungen, wohl aber, was für die Praxis wichtiger erscheint, eine stufenweise Aufeinanderfolge vom Einfacheren zum Complicirteren der Art, dass sich jeweils das letztere aus Vorrichtungen erster Art zusammensetzt, ganz ähnlich wie in einer Reihe mathematischer Lehrsätze sich im allgemeinen die späteren aufbauen aus einer Reihe früher behandelter.

Uebertragung der Zeichnung.

Ist einmal die Zeichnung des Apparates definitiv fertig gestellt, so folgt, wie bereits bemerkt, als erste Aufgabe der technischen Ausführung genaue Uebertragung der einzelnen Maße auf das zu bearbeitende Rohmaterial. Nur in sehr seltenen und besonders einfachen Fällen ist es dabei möglich, sofort das Ganze zur Darstellung zu bringen, meist muss ganz allmählich und in wohldurchdachter Reihenfolge Uebertragung der Zeichnung und Bearbeitung mit einander wechseln, z. B. in der Art, dass allererst eine einzige Fläche zur Bearbeitung kommt, nunmehr deren Begrenzung vorgezeichnet und ausgearbeitet wird, hieran anschließend eine zweite Fläche, sodann wieder die Begrenzung dieser letzteren u. s. w. In anderen Fällen verwendet man der Zeichnung entsprechend geformte Werkzeuge (Stempel, Façonstähle u. dergl.), welche nur eine einzige

ihnen einmal eingeprägte Form wiederzugeben im stande sind, oder versieht gewöhnliche Werkzeuge mit vorspringenden Leisten, Stiften, Führungen u. dergl., welche sie zwingen, nur eben gerade bis zu der gewünschten Tiefe oder nur in der verlangten Richtung oder Curve zu arbeiten. In noch anderen Fällen endlich, besonders dann, wenn eine größere Anzahl gleichartiger Theile zu bearbeiten ist, verwendet man mit sehr großem Vortheil besondere »Lehren« oder »Schablonen«, auf welche die Zeichnung, soweit sie für den betreffenden Theil in Betracht kommt, ein für allemal aufgetragen wird, um dann fortwährend mit den gerade in Arbeit befindlichen Werkstücken verglichen zu werden, bis endlich völlige Uebereinstimmung stattfindet. Nicht selten werden auch einzelne Theile der Zeichnung durch Abpausen (mittels Blau- oder Graphitpapier) oder geradezu durch Ausschneiden und Aufkleben auf das Werkstück übertragen, doch leidet die Methode an einer gewissen Unsicherheit und ist bei einfachen Figuren zu umständlich. Zum Ausziehen von Linien auf Holz oder Pappe bedient man sich gewöhnlicher, oder besonders stark angefertigter Bleistifte. Auf Glas können Linien am besten mit dunklem Lack oder Oelfarbe gezogen werden, wohl auch, wenn der Gegenstand bei der Bearbeitung nicht benetzt wird, mit Anilintinte.*) Für feine Linien dient der Schreibdiamant. Aehnlich führt bei Metallen am sichersten zum Ziele das Einreißen der Linien mit Hülfe der Reißnadel, nur bei groben Arbeiten verwendet man auch Blei- oder Messingstifte, nachdem zuvor die Flächen, um die Striche deutlich hervortreten zu lassen, mit Kreide bestrichen (resp. schwarz gemacht) wurden.

Die Reißnadel (Fig. 1) ist ein spitzer, sehr harter, gewöhnlich in ein Heft gefasster Stahlstift oder auch ein kleiner scharfer Haken (Reißhaken).

Die Lineale müssen natürlich, um nicht Noth zu leiden, aus Eisen oder Stahl verfertigt sein. Ragt das Lineal allzu weit über das Arbeitsstück hinaus, so schiebt man unter das freie Ende eine geeignete Unterlage, wie es die Fig. 1 andeutet.

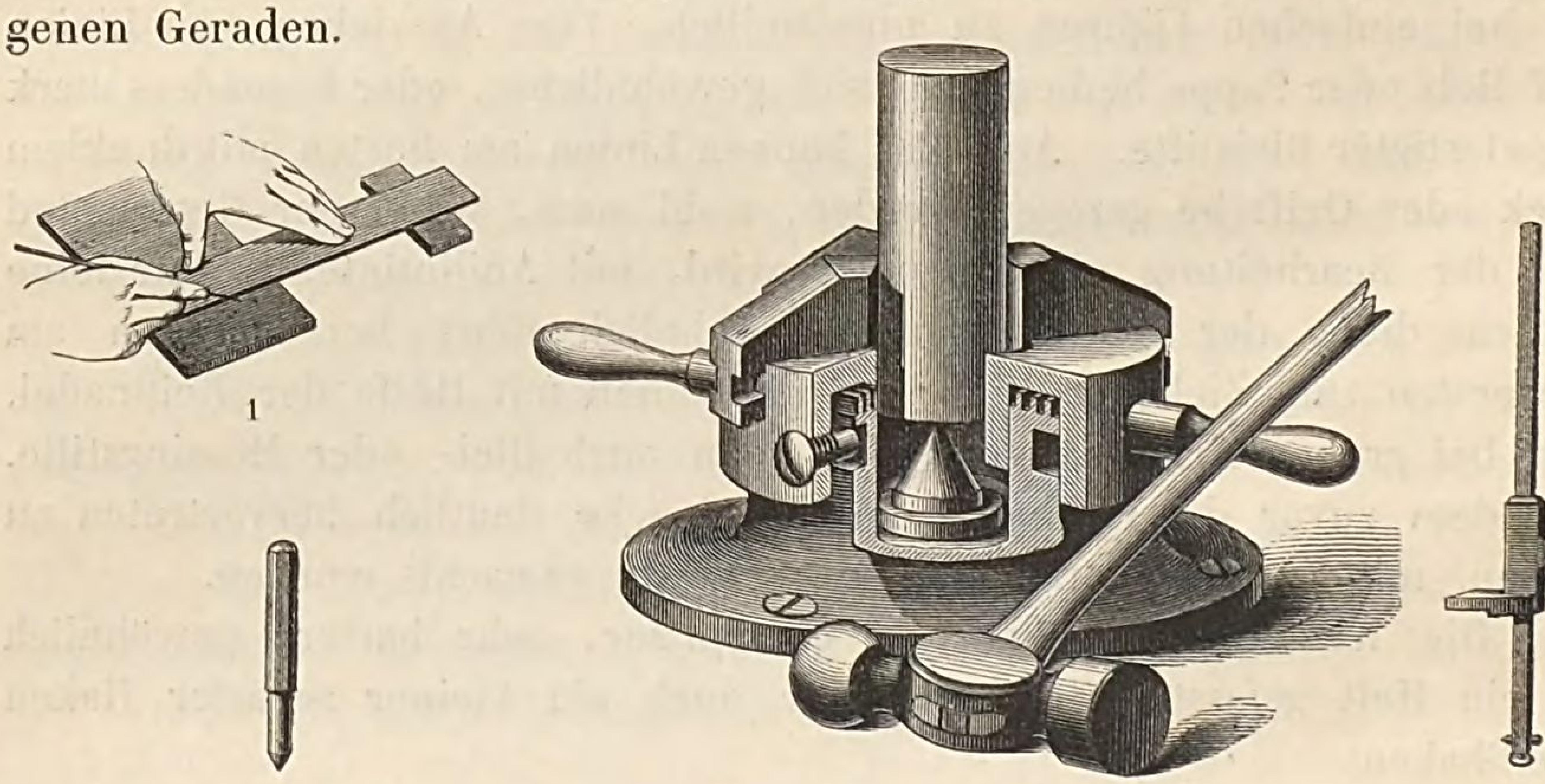
Sollte, wie dies bei größeren Arbeiten schwer zu vermeiden ist, der Riss der Reißnadel an und für sich nicht deutlich genug hervortreten, so sucht man denselben dadurch zu verstärken, dass man in regelmäßigen kleinen Intervallen schwache Vertiefungen einschlägt mit Hülfe des sog. Körners (Fig. 2). Es ist dies ein sehr oft gebrauchtes und trotz seiner Kleinheit wichtiges Werkzeug, welches lediglich aus einem kurzen dicken, genau stumpf conisch gedrehten gehärteten Stahl-

*) Von A. W. Faber sind auch Bleistifte zu beziehen, mit welchen sich auf Glas zeichnen lässt.

stäbchen besteht und ganz allgemein zum Fixiren von Punkten auf Metallgegenständen verwendet wird.

Um ohne besondere Mühe längs eines Cylinders eine der Axe parallele Grade ziehen zu können, verwendet man das Rohrmaß, welches aus zwei ihrer Länge nach rechtwinklig aneinander gesetzten Linealen besteht und so an den Cylinder angelegt wird, dass es allenthalben mit demselben in guter Berührung steht.

In ähnlicher Weise bedient man sich eines einfachen Instruments zum Aufsuchen des Mittelpunktes einer kreisförmigen Scheibe oder Endfläche. Dasselbe besteht lediglich aus einem Winkel, an welchen ein Lineal so angeschraubt ist, dass die eine Kante desselben den Winkel halbirt. Man legt diesen sog. Centrirwinkel so an die Peripherie der Scheibe an, dass dessen Schenkel die letztere tangiren, und markirt den Durchschnittspunkt der jeweils längs der mittleren Schiene gezogenen Geraden.



1 2 3 4

Fig. 1—4.

Auch eine Art Trichter, in dessen Röhre sich ein Körner verschieben lässt, kann wohl benutzt werden, um z. B. das Centrum der Endfläche eines abzudrehenden Cylinders zu finden. Noch besser ist das in Fig. 3 dargestellte, freilich etwas complicirtere Centrirfutter, welches nach Art eines selbstcentrirenden Drehbankfutters construirt ist.

Um zu einer gegebenen Kante einer Platte in gewünschtem Abstand ohne weitere geometrische Construktion eine Parallele zu ziehen, wird mit großem Vortheil das Streichmaß (Fig. 4) benutzt. Es besteht gewöhnlich aus einem Stück Metall (Holz), dem Anschlag, durch welches ein eisernes (hölzernes) Stäbchen, der Riegel, geschoben ist, welches in der, an einer aufgetragenen Theilung abzumessenden gewünschten Lage durch eine Schraube (Keil) festgehalten wird. Das Ende dieses Stäbchens ist mit einer gehärteten Stahlspitze versehen, welche die Parallele

mit größter Exaktheit einreißt, wenn nur der Anschlag in sicherer Weise längs der gegebenen Kante fortgeführt wird.

Ebenfalls sehr nützlich ist das sog. stehende Streichmaß (Fig. 5) in Combination mit einer Richtplatte (Fig. 6). Letztere ist eine vollkommen eben gehobelte Gusseisenplatte, auf welche sowohl das zu bearbeitende Werkstück, als auch das Streichmaß aufgesetzt wird. Das Streichmaß ist ein kleines, unten eben abgeschliffenes Stativ, längs dessen sich eine horizontale Reißnadel verschieben und feststellen lässt. Wird das Streichmaß um den gleichfalls auf die Richtplatte aufgesetzten Körper herumgeführt, so verzeichnet die Reißnadel auf demselben eine zur Richtplatte parallele Ebene und zwar genau in dem zuvor bestimmten Abstand.

Die Maßstäbe, zum Abmessen gerader Strecken (z. B. Meterstäbe mit Millimetertheilung), werden ebenso wie die Lineale am zweckmäßigsten aus Eisen und Stahl, weniger gut aus Messing oder Holz gefertigt.

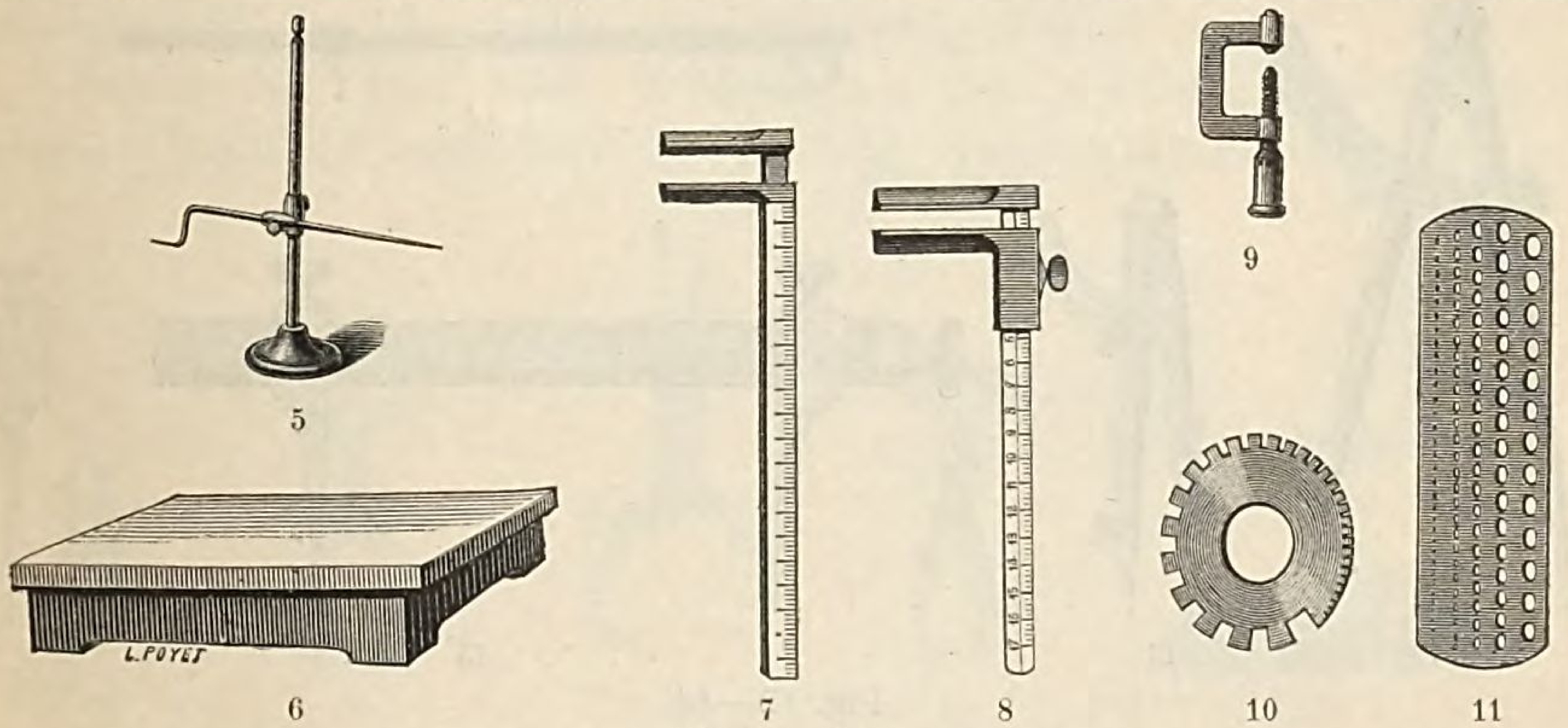


Fig. 5—11.

Letztere haben den Vorzug, die Theilstriche besser erkennen zu lassen, werden aber leichter beschädigt.

Besonders zweckmäßig sind die sogenannten Caliber (Fig. 7 u. 8), bei welchen der Maßstab mit einer dicht anschließenden, gleichfalls getheilten Hülle versehen ist, deren Ende ebenso wie das des Maßstabes einen rechtwinklig vorragenden Schenkel trägt und somit auch Dickenmessungen gestattet. Feine Caliber sind mit Nonius und Stellschrauben versehen.

Zu ganz feinen Dickenmessungen dient das Sphärometer, dessen in der praktischen Mechanik gebräuchliche Form einer Schraubenzwinge nicht unähnlich ist (Fig. 9).

Zur Abmessung der Dicke gerollter Drähte dienen Lehren (Leeren) von der in Fig. 10 dargestellten Form; für Drahtstücke dünne Tafeln aus Stahlblech mit einer stufenweise geordneten Folge von Löchern (Fig. 11).

Entsprechend verwendet man auch zum Ausmessen enger Bohrungen schlank conisch gedrehte Stifte.

Kreisumfänge werden mit Bandmaßen gemessen, unter welchen die stählernen, in einem Messinggehäuse aufgerollten vor allen andern den Vorzug verdienen. Die Theilung ist blank auf mattem Grunde aufgetragen, zweckmäßig auf der einen Seite in Millimetern, auf der untern in zweifach vergrößertem Maßstab. Im Innern des Gehäuses ist eine Spiralfeder angebracht, welche selbstthätig, nach Auslösung durch Drücken auf einen seitlichen Knopf, das Messband nach dem Gebrauche wieder in sein Gehäuse hineinzieht.

Die Zirkel des Mechanikers unterscheiden sich von den Instrumenten der Zeichner insofern, als sie gänzlich aus Stahl und weit stärker gearbeitet sind. Außerdem pflegt man meist die Schenkel mittels eines zwischengefügten Bogens durch eine Stellschraube festzustellen, und be-

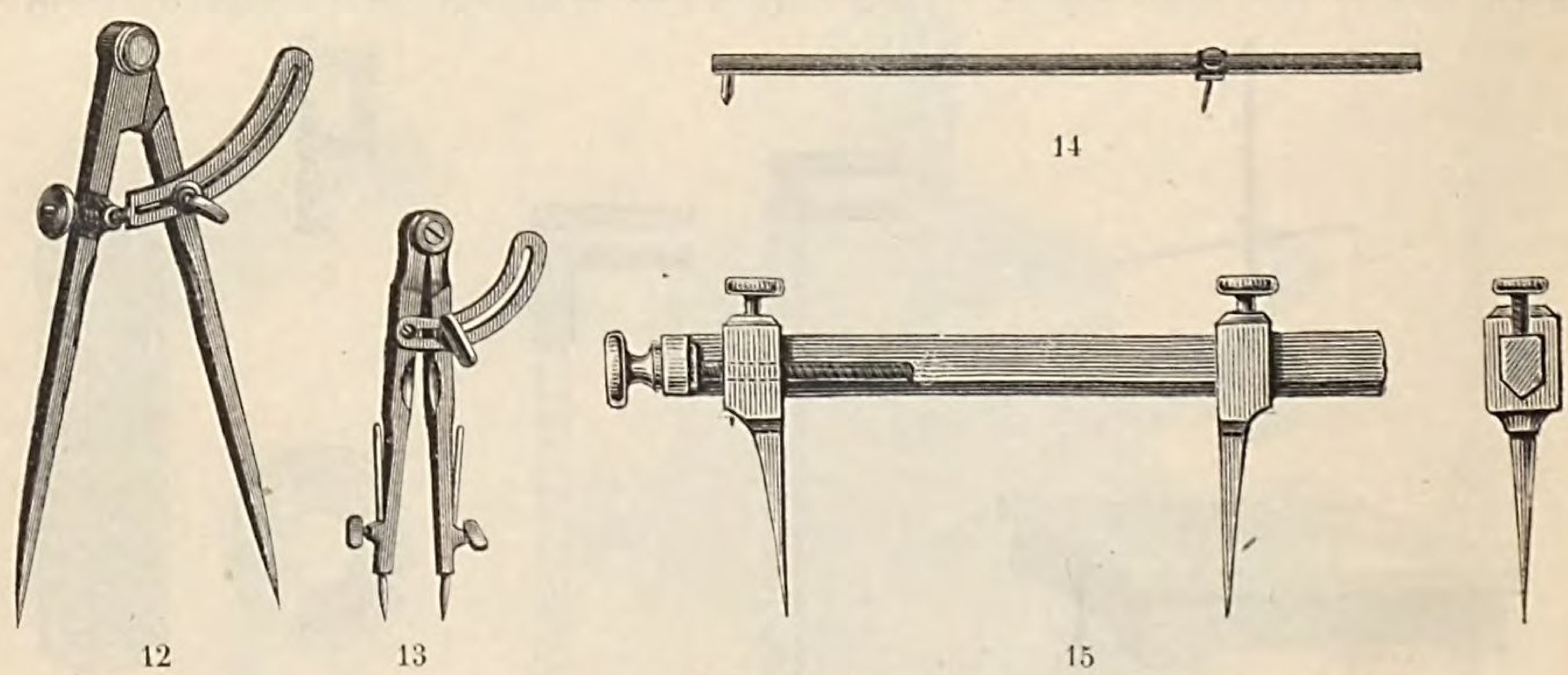


Fig. 12—15.

sonders feine Exemplare sind noch mit einer Vorrichtung zum Feinstellen, (Fig. 12), eventuell auch mit lösbaren Spitzen versehen (Fig. 13). Letztere Einrichtung hat den Vorzug, dass man leicht die eine Spitze durch einen mit dünnem Stiel versehenen breiten Conus ersetzen kann und dadurch in den Stand gesetzt wird, auch um Löcher von beträchtlicher Größe concentrische Kreise zu beschreiben.

Zum Abstecken sehr großer Strecken sind die gewöhnlichen Zirkel nicht mehr zu gebrauchen, es müssen dann sog. Stangenzirkel angewendet werden. Das Wesentliche eines solchen ist eine prismatische, an einem Ende mit einer zu ihr perpendiculären Stütze versehene Stange, längs welcher sich eine genau anschließende, gleichfalls mit Spitze versehene Hülse verschieben und durch Schraubenvorrichtungen fixiren lässt (Fig. 14 u. 15). Feinere Instrumente besitzen eine grobe und feine Einstellung.

Sehr kleine Zirkel (Federzirkel) erhalten an Stelle des Gelenks eine Feder, welche die Schenkel auseinander zu drücken sucht, daran aber gehindert wird durch eine gebogene oder um ein Charnier bewegliche Schraube (Fig. 16) mit Flügelmutter.

Zum Abmessen runder Körper dienen Greif- und Hohlzirkel (Fig. 17 u. 18), erstere, um den äußeren, letztere, um den inneren Durchmesser abzunehmen. Bequem sind Greifzirkel, welche mit getheiltem Bogen und Zeiger versehen sind (Fig. 19), so dass man daran ohne Umrechnung Dicke und Umfang direkt ablesen kann.

Die Winkel werden in verschiedener Größe gebraucht und sind fast allgemein aus Stahl verfertigt, nur bei Holzarbeiten finden auch solche aus Holz Verwendung. Besonders praktisch sind in manchen Fällen die Winkel mit Anschlag (Fig. 20) oder kleine Reißschienen, insofern sie es ermöglichen, zu einer gegebenen Kante sofort, ohne zeitraubendes Probiren, eine richtige Normale zu ziehen, falls man nur den Anschlag mit der Kante in innige Berührung bringt.

Analog hat man auch Winkelmaße mit Anschlag, deren einer Schenkel beliebig verstellbar ist, die sog. Schrägmaße (Fig. 21), um

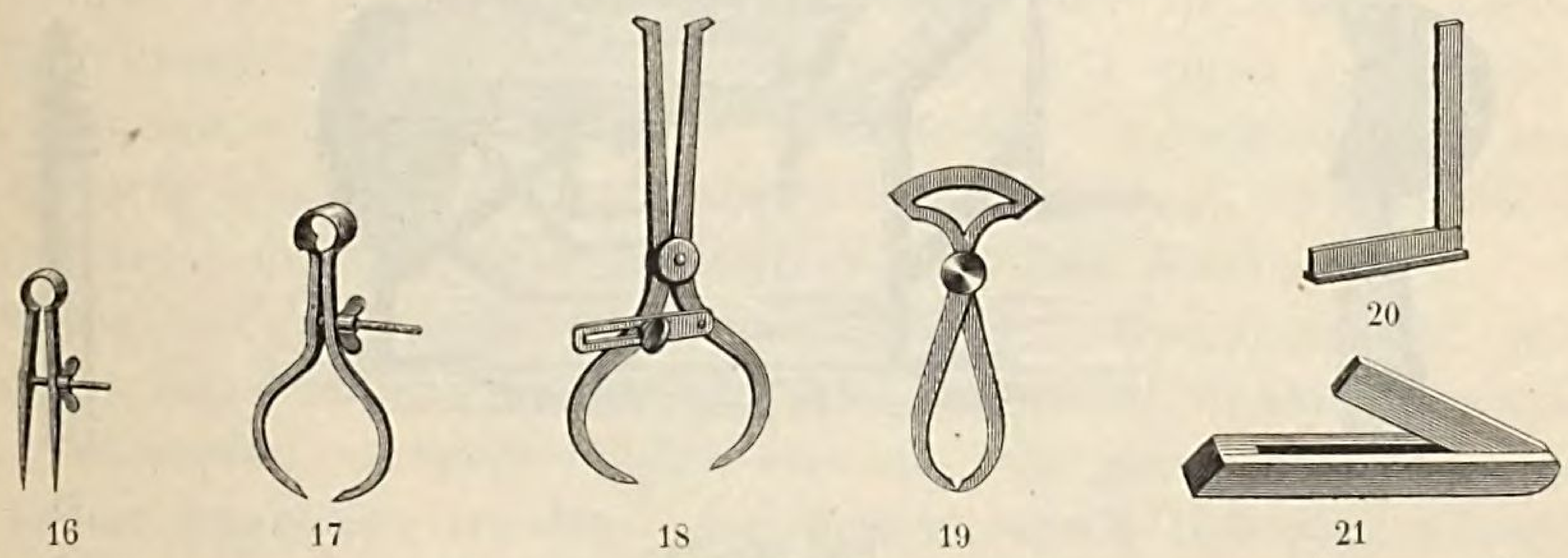


Fig. 16—21.

auch beliebige spitze oder stumpfe Winkel an einer gegebenen Kante abtragen zu können. Zum Justiren horizontaler und vertikaler Linien dienen Wasserwage und Senkblei, deren Gebrauch als allgemein bekannt vorausgesetzt werden kann.

A. Bearbeitung unter Verminderung der Masse.

1. Schneiden von Kautschuk, Leder, Kork, Papier und Pappe.

Kautschuk, obschon ein weicher Körper, bietet der Zerschneidung aus dem Grunde großen Widerstand, weil sich die Seitenflächen des Messers stark an den beiden Schnittflächen reiben, um so mehr, je tiefer der Schnitt eindringt. Um diese Reibung zu vermindern, benetzt man das Messer mit Wasser (oder Natronlauge). Kleinere Stücke werden aller-

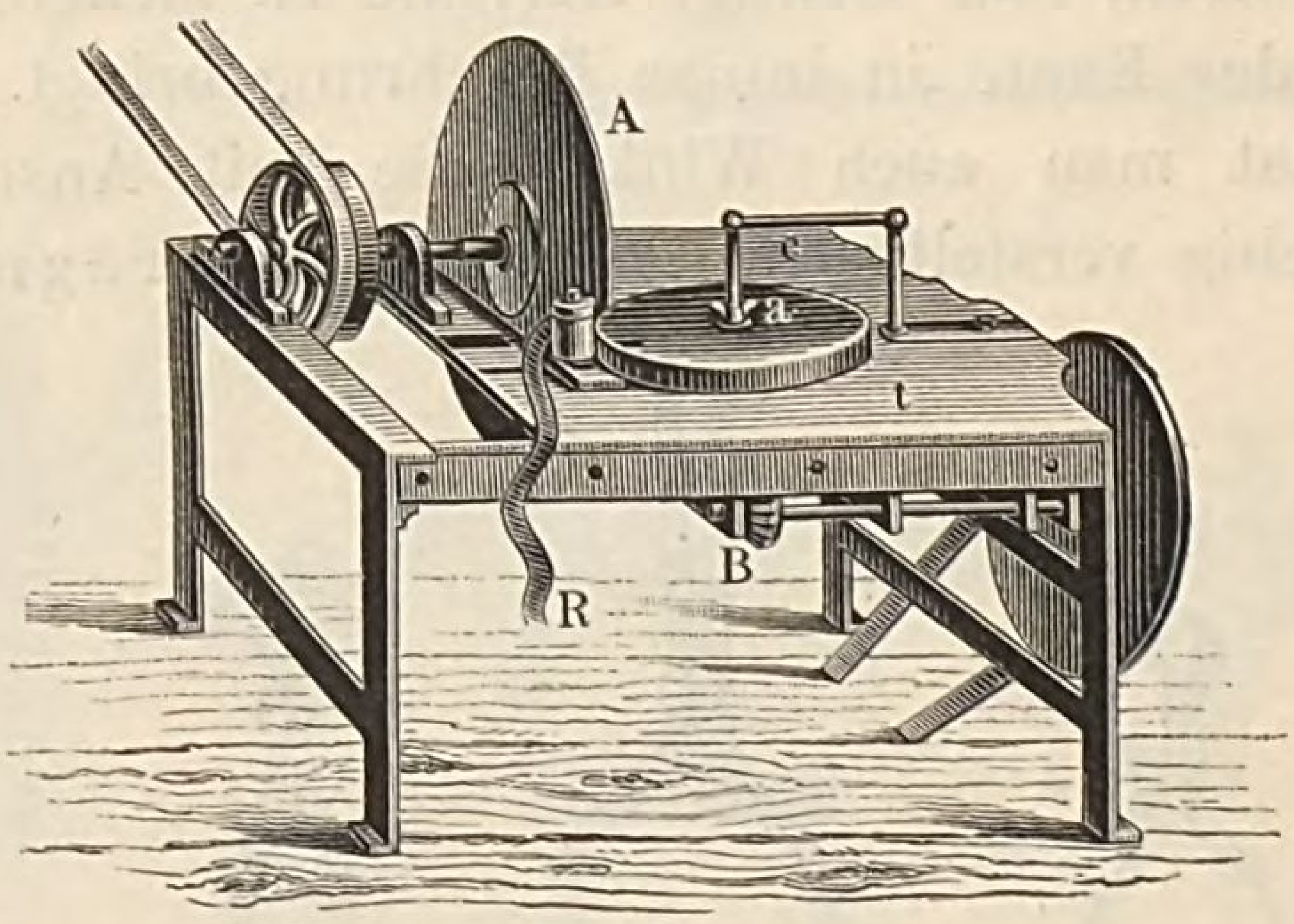
dings auch trocken geschnitten mittels eines halbmondförmigen Messers, dessen bogenförmige Schneide wiegend in die Masse eingedrückt, nicht hin- und hergeschoben wird.

Der Griff dieses Kautschukmessers ist in der Mitte der convexen Kante radial angesetzt. In Ermangelung eines solchen kann man sich sehr wohl auch mit einem sog. Sattlermesser (Fig. 22) behelfen, das gleichzeitig zum Schneiden, insbesondere »Abschrägen« von Leder zu gebrauchen ist und nach Art eines gewöhnlichen Messers den Griff am einen Ende trägt.

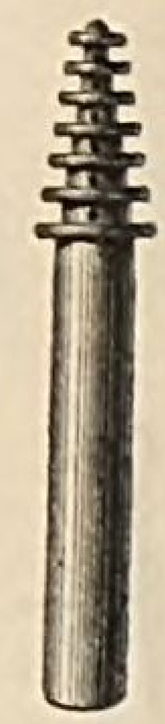
Große Kautschukblöcke werden mittels gerader auf- und abgehender oder nach Art von Circularsägen rotirender Messer geschnitten (Fig. 23). Für die Praxis des Physikers sind diese letzteren Methoden natürlich ohne Bedeutung. Es mag nur erwähnt werden, dass Platten, die durch auf- und abgehende Messer mittels der Maschine aus Blöcken geschnitten



22



23



24

Fig. 22—24.

sind, eine feine regelmäßige geradlinige Streifung zeigen, welche (nach Heinzerling) zuweilen gewalzten (minder guten) Sorten künstlich aufgepresst wird, um sie als bessere Waare erscheinen zu lassen.

Um runde Löcher, z. B. in Kautschukstopfen, zu schneiden, bedient man sich der Korkbohrer (Fig. 24). Dieselben bestehen aus dünnen gezogenen Messingröhren, welche einerseits mit einem messerartig scharf geschliffenen Rande versehen sind, andererseits mit einer Verstärkung, welche derart quer durchbohrt ist, dass ein als Handgriff dienendes Stück Stahldraht hindurchgesteckt werden kann. Ist besondere Exaktheit der Bohrung nicht nöthig, so kann man dieselben mit der Hand eindrehen. Glatte zuverlässige Bohrungen sind indess nur zu erzielen, wenn man den Bohrer gut centrisch in die Drehbank einspannt und auf solche Weise in Drehung versetzt. Es empfiehlt sich dabei reichliche Benetzung mit Natronlauge.

Dieselben Bohrer dienen auch dazu, um Löcher in gewöhnliche Korke einzuschneiden. Von Zeit zu Zeit ziehe man in solchem Falle den Bohrer heraus und entferne den in seiner Höhlung steckenden ausgebohrten Kern, indem man mit einem etwas dünneren Bohrer hindurchstößt. Zweckmäßig ist es, um ein Ausbrechen bei nahe vollendeter Arbeit zu verhindern, von der anderen Seite entgegenzubohren, wobei man allerdings riskirt, dass sich die beiden Bohrungen nicht genau treffen. Man kann auch den zu bohrenden Kork auf eine Korkplatte aufsetzen und nur von einer Richtung bohren. Dabei riskirt man andererseits, dass die Bohrung schief ausfalle. Das beste und sicherste Mittel ist deshalb auch hier das Bohren mittels der Drehbank.

Sehr enge Bohrungen werden nur mittels eines spitzen Drahtes durchgestochen und alsdann mit einer dünnen, nicht zu feinen runden Feile (Rattenschwanz) erweitert und geglättet. Nachträgliches Ausfeilen ist überhaupt bei sämmtlichen von Hand hergestellten Bohrungen sehr anzurathen, man wähle deshalb den Korkbohrer etwas kleiner, als das Loch eigentlich werden soll.

Ist ein Kork für die entsprechende Oeffnung zu groß, so schneidet man daraus einen kleineren, indem man ihn mittels eines sehr scharfen, mit Talg bestrichenen Messers gewissermaßen wie einen Apfel schält, d. h. ringsum eine dünne Schicht abschneidet. Gewöhnlich ist auch hier nachträgliches Abfeilen und Abschleifen nöthig und zwar geschieht letzeres, unter fortwährender Benetzung, auf einem Sandstein.

Pappe enthält immer feine Sandkörnchen, Eisentheilchen, Kalk u. dergl. eingearbeitet, welche die zum Schneiden benutzten Messer rasch abstumpfen. Letztere müssen also aus sehr gutem Stahl bestehen und häufig geschliffen werden. Am besten eignen sich sog. Ritzer, d. h. Messer mit zweischneidig geschliffener Spitze, da solche bei gleicher Stärke geringere Dicke besitzen als gewöhnliche Messer und deshalb in dem harten Material auch geringeren Widerstand finden. Papparbeiter verwenden Ritzer mit verstellbarem Heft. Letzteres ist hohl und mit einer eisernen Hülse ausgekleidet, in welcher sich das Messer leicht verschieben und in gewünschter Höhe mittels einer Schraube feststellen lässt.

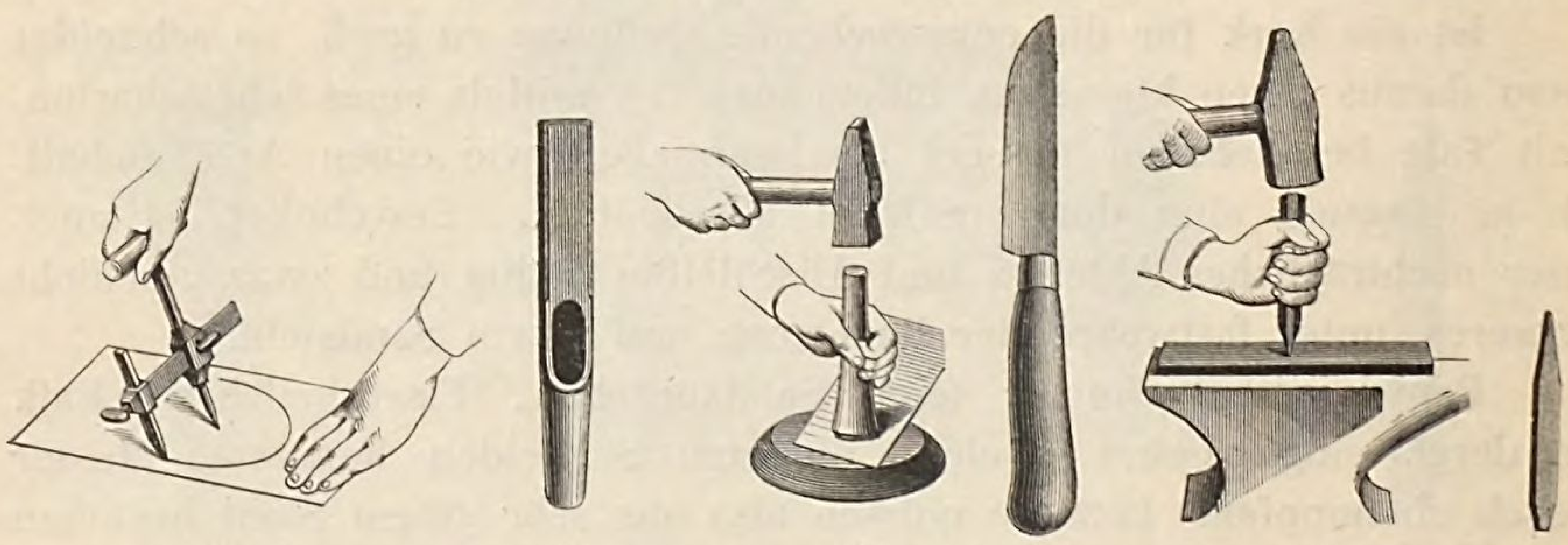
Um durch das Schneiden den Tisch nicht zu beschädigen, schneidet man auf einem besonderen Schneidbrett aus Ahorn, Weißbuche oder Birkenholz und zwar nicht quer über die Fasern des Holzes, sondern längs derselben. Im ersteren Falle würde das Brett nämlich bald ruinirt und kein glatter Schnitt mehr zu erzielen sein.

Das Lineal, welches dem Messer eine Führung geben soll, muss, falls ein ganz geradliniger Schnitt erzeugt werden soll, hinreichend breit sein, um bequem die drei Mittelfinger der linken Hand aufdrücken zu

können, ohne Gefahr zu laufen, sich hineinzuschneiden. Es besteht am besten aus Walzeisen, dessen beide breite Seiten ganz unbearbeitet sind. Jedenfalls dürfen diese Breitseiten nicht polirt werden, da sonst die Reibung nicht hinreichend groß wäre und selbst bei starkem Andrücken leicht ein Ausgleiten stattfände.

Um Schnitte im rechten Winkel gegen die Begrenzung zu führen, benutzt man eiserne Winkel mit oder ohne Anschlag. Zum Ausschneiden runder Scheiben dient der sogenannte Schneidzirkel (Fig. 25), eine Art Stangenzirkel, welcher an Stelle des zeichnenden Stifts mit einem Ritzer versehen ist und außerdem einen kräftigen Handgriff besitzt, um ihn mit dem nöthigen Druck umdrehen zu können.

Kleine runde Scheiben werden mittels Ausschlageisen (Fig. 26), d. h zugeschärfter, mit Stiel versehener Stahlröhren ausgestanzt. Ebenso werden kleine Löcher ausgeschlagen oder ausgeschnitten. Als Unterlage dient dabei ein Stück Hirnholz, Blei u. dergl. Auch zum Ausschlagen runder Löcher in Leder und dünnes Blech werden ähnliche Ausschlageisen, Aushauer (Fig. 27), vortheilhaft angewendet.



25 26 27 28 29 30

Fig. 25—30.

Schnitte, welche in beliebiger Curvenform verlaufen sollen, werden mittels eines sogenannten Stecheisens ausgeführt. Es besteht ähnlich wie ein Stemmeisen aus einer am Ende einseitig geschliffenen Stahlklinge, welche in einem Heft befestigt ist. Beim Gebrauch setzt man das Stecheisen, die angeschliffene Facette gegen sich zugerichtet, auf eine Stelle der vorgezeichneten Curve und legt nun die linke Hand so auf, dass der Daumen derselben dicht hinter das Stecheisen zu liegen kommt und diesem als Anhaltspunkt dient. Ist eine Stelle durchgestochen, so rückt die rechte Hand das Werkzeug etwas vorwärts, während der Daumen der linken demselben wieder dicht angelegt wird u. s. f.

Zum Schneiden der Pappe im Gewerbe- und Fabrikbetrieb dienen Tafelscheren und Stanzmaschinen, ähnlich wie solche zum Abschneiden von dünnem Blech gebraucht werden.

Zum Schneiden von Papier dienen einfache gute Messer etwa von der umstehenden Form (Fig. 28). Um viele Blätter gleichzeitig zu beschneiden, spannt man dieselben in einer Presse dicht zusammen und bearbeitet die Schnittfläche, falls sie nicht hinreichend glatt sein sollte, mit einem Hobel (oder Feile).

Ist ein einzelnes Blatt mittels des Messers zu beschneiden, was nöthig wird, wenn der Schnitt streng geradlinig werden soll, so bedient man sich als Unterlage einer ebenen Glas- oder Zinkplatte. Zum Ausschneiden von Photographien wird nicht selten auch ein kleines, in passendem Griff befestigtes Stahlrädchen mit scharf geschliffener Kante benutzt, ein sogenannter Stahltrimmer.

Blattgold, aus welchem dünne Streifen z. B. für ein Elektroskop geschnitten werden sollen, wird vorsichtig auf ein mit etwas Polirroth eingeriebenes Lederkissen ausgebreitet und dann mittels eines flachen scharfen Messers durchgeschnitten. Das Messer wird dabei nicht wie beim Schneiden von Pappe und Papier geneigt oder fast senkrecht gehalten, sondern horizontal, d. h. so, dass die (geradlinige) Schneide dem Lederkissen parallel gerichtet ist, also an allen Punkten gleichzeitig angreift.

2. Abmeißeln, Abschroten, Abkneifen und Rohrabschneiden.

Das Stecheisen, welches zum Durchschneiden von Pappe dient, kann auch noch für sehr dünnes Blech Verwendung finden. Für stärkere Blechsorten verwendet man ein zwar ähnliches, aber stärkeres Werkzeug, den Meißel. Derselbe besitzt keinen Griff, ist bedeutend kürzer und dicker und seine Schneide ist beiderseits symmetrisch zugeschliffen.

Als Unterlage dient am besten ein Stück Zinkblech, welches seinerseits auf eine schwere Eisenmasse, z. B. einen Ambos aufgelegt wird. Das Eintreiben des Meißels geschieht natürlich nicht mittels der Hand, sondern mittels des Hammers (Bankhammer, Fig. 29).

Sind geradlinige Schnitte auszuführen, so wählt man einen breiten Meißel, einen sogenannten Flachmeißel, anderenfalls einen solchen, dessen Schneide rechtwinkelig zur breiten Seite steht, einen Kreuzmeißel (Fig. 30). Für specielle Zwecke stehen auch Meißel mit bogenförmiger oder winkelartiger Schneide in Gebrauch.

Sind enge runde Oeffnungen auszumeißeln, so bohrt man zweckmäßig zunächst in der Mitte der auszuschneidenden Scheibe ein Loch und führt von hier aus radial zur Peripherie einige gerade Schnitte, um dem Verziehen des Blechs vorzubeugen, welches in Folge der durch das Eintreiben des Meißels hervorgerufenen Deformation nothwendig eintreten muss, falls der verdrängten Masse keine Möglichkeit zum Ausweichen geboten ist.

Bei starkem Blech, Band- und Stabeisen meißelt man von beiden Seiten aus zur Hälfte ein, wobei natürlich darauf zu achten ist, dass die beiden Schnitte genau zusammentreffen. Die Unterlage von Zinkblech ist dabei selbstverständlich unnöthig. Ein Stück ganz durchzumeißeln, ist nicht vortheilhaft, denn schon früher lässt sich die völlige Trennung dadurch erzielen, dass man dasselbe um die Schnittlinie zu biegen sucht, worauf es hier durchbricht. Beim völligen Durchmeißeln stößt aber die Schneide des Meißels, falls kein Zinkblech untergelegt ist, auf die Ambosbahn und beschädigt diese und sich selbst. Außerdem ist zu befürchten, dass das abgemeißelte Stück weit abspringe und Schaden anrichte.

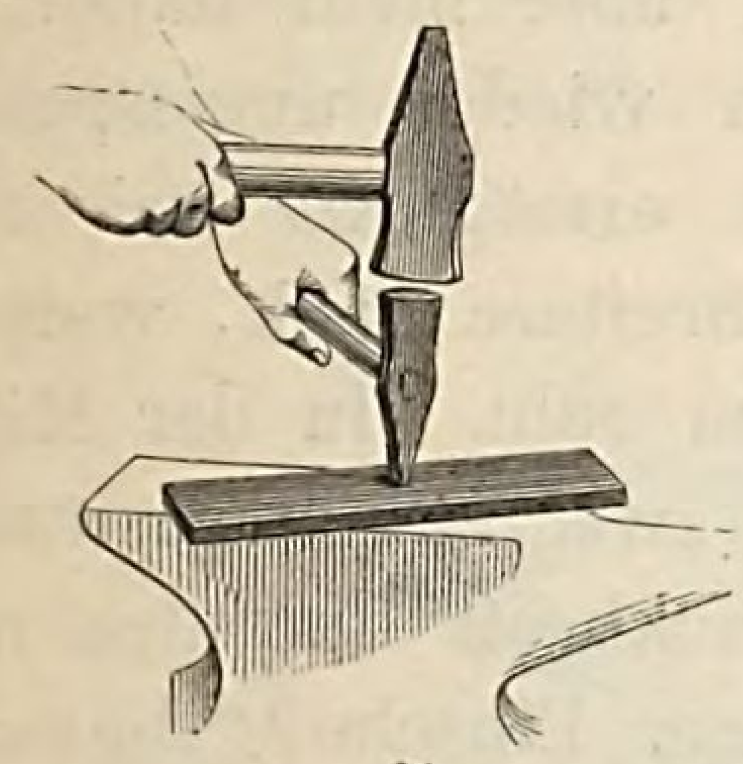
Beim Abmeißeln von Band- und Flacheisen, sowie von Rund- und Vierkanteisen und andern Stabeisensorten genügt wenigstens bei geringeren Qualitäten schon ein nur wenig tief geführter, rings umlaufender Schnitt, um beim Aufstoßen auf die Amboskante oder beim Biegen (wobei der eine Theil in den Schraubstock eingespannt wird) einen Bruch zu erzeugen.

Zähe und dicke Eisenstangen können nicht wohl im kalten Zustand abgemeißelt werden, man muss sie durch Glühendmachen hinreichend erweichen. Der Meißel kann in solchem Falle nicht mehr mit der Hand gehalten werden, sondern wird nach Art eines Hammers an einem biegsamen Stiel befestigt, der der Schneide parallel läuft. Solche Meißel heißen Schrotmeißel (Fig. 31). Dass der Stiel biegsam sei, ist deshalb zweckmäßig, weil sonst, falls der Hammerschlag nicht genau auf die richtige Stelle erfolgt, ein für die Hand sehr unangenehmes und schmerzhaftes Prellen eintritt.

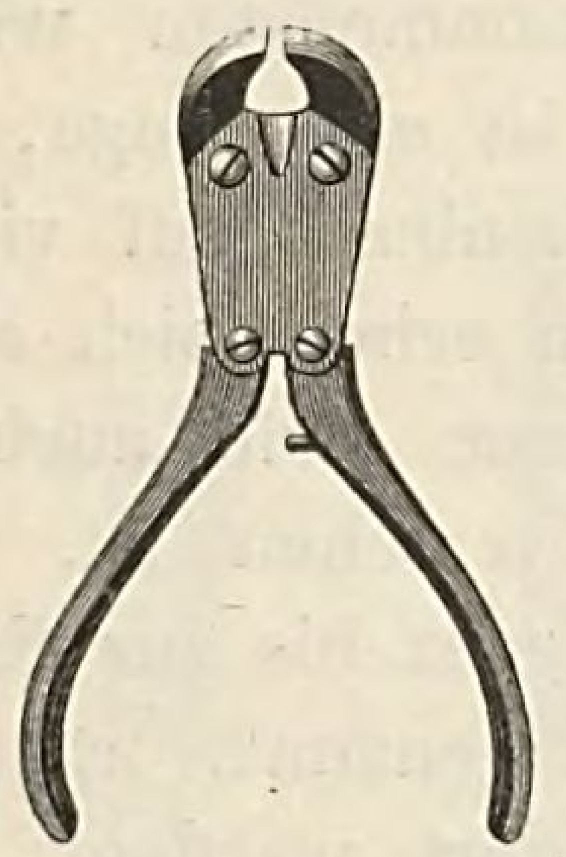
Häufig dient auch statt des Schrotmeißels das Abschrot, d. h. ein breiter kurzer Meißel, der mittels eines Zapfens in ein Loch des Ambosses eingesteckt wird und die Schneide nach aufwärts kehrt. Das abzuschrotende Eisen wird darauf gelegt und durch Hammerschläge eingetrieben. Vortheilhaft arbeitet man von zwei entgegengesetzten Seiten, d. h. unter gleichzeitiger Anwendung von Schrotmeißel und Abschrot, wobei selbstverständlich wohl darauf zu achten ist, dass die beiden Schneiden genau übereinander stehen. Ebenso wie beim Kaltmeißeln führt man die Schnitte nicht ganz durch, treibt sie aber beträchtlich tiefer.

Analog ist das Abkneifen dünner Dräthe mittels der Beiß- oder Kneifzange (Fig. 32). Auch diese ist nichts anderes als eine Combination zweier Meißel, die gleichzeitig zur Wirkung kommen. Der Draht, welchen man abkneift, muss rechtwinklig gegen die Schneiden gehalten werden, da diese sonst leicht ausspringen. Um auch lange Drahtstücke abkneifen zu können, ohne dieselben schief zu halten, ist das Maul der

Zange verbreitert. Bequem sind in manchen Fällen die Kneifzangen mit schiefem oder seitlichem Maul (Fig. 33), da sie ermöglichen, auch an schwer zugänglichen Stellen, z. B. Vertiefungen, kleine Hervorragungen abzukneifen. Sehr empfehlenswerth sind die in neuerer Zeit in den Handel gebrachten Patentkneifzangen (Fig. 34). Durch eine Hebelübersetzung wird der Druck der Hand so sehr verstärkt, dass man mit Leichtigkeit noch Drähte von 2—3 mm Dicke abkneifen kann, was bei Anwendung gewöhnlicher Kneifzangen recht anstrengend ist und, namentlich wenn die Operation oft vorzunehmen ist, die Hände stark angreift und ermüdet.



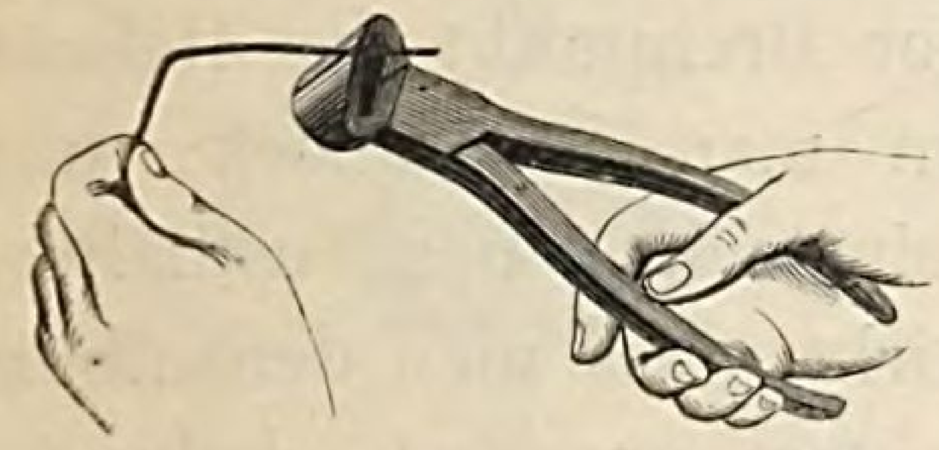
31



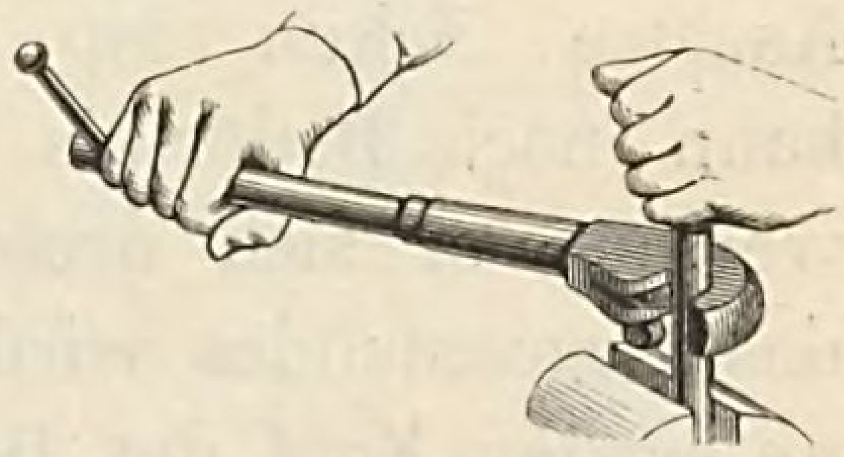
34



33



32



35

Fig. 31—35.

Zum Abschneiden eiserner Gasleitungsröhren dienen kreisförmige Meißel (Rohrabschneider) (Fig. 35). Dieselben werden mittels einer Art Schraubzwinge an das abzuschneidende Rohr angepresst und rollend rings herumgeführt. Dabei wird nach jedem Umlauf die Schraube wieder etwas stärker angezogen, bis der Schnitt ziemlich tief eingedrungen ist. Dann entfernt man das Werkzeug und bricht das Rohr ab, indem man es um die eingeschnittene Stelle zu biegen sucht. Ganz durchzuschneiden ist aus dem Grunde nicht zweckmäßig, weil dabei der Querschnitt des Rohres sich beträchtlich verengt.

Um Gussstücke abzumeißeln, bohrt man längs der herzustellenden Trennungslinie Löcher, eines dicht neben dem andern, und treibt nun erst den Meißel ein. Sind die Löcher hinreichend dicht gebohrt, so erfolgt der Bruch sehr leicht, so dass man die Operation eigentlich eher als Abspalten bezeichnen müsste.

3. Schnitzen und Stemmen. Graviren und Ciseliren.

Während beim Schneiden und Abmeißeln eine Trennung des Materials in größere Stücke beabsichtigt wird, also das Messer oder der Meißel senkrecht aufgesetzt werden, so bezweckt man beim Schnitzen und Stemmen nur Loslösen kleinerer Spähne von der Oberfläche, das Messer wird also nur wenig schief oder geradezu der Oberfläche parallel geführt.

Beim Schnitzen eines Holzstabes, z. B. eines Hammerstiels, ist es nöthig, denselben an einem Ende zu befestigen, aber nicht dauernd, sondern so, dass er während der Arbeit rasch wieder umgespannt werden kann. Am vollkommensten wird dies ermöglicht bei der Schnitzbank. Dieselbe ist eine lange, hinten breitere Bank, welche wie eine gewöhnliche Küchenbank auf vier Beinen ruht. In der Mitte gegen das breitere Ende zu erhebt sich eine von zwei Füßen gestützte schiefe Ebene, welche ebenso wie auch das Bankbrett darunter mit einem kleinen Einschnitt versehen ist. In diesem Einschnitt bewegt sich ein Hebel, der nicht ganz bis zur Erde geht und unten und oben Ansätze, Schuh resp. Kopf genannt, trägt. Der Drehpunkt des Hebels kann nach Bedürfnis geändert werden, indem man den Pflock, um welchen er sich dreht, in ein anderes Loch einsteckt. Das Festhalten des Gegenstandes wird nun in der Weise bewirkt, dass man denselben unter den Kopf des Hebels bringt und alsdann fest anpresst, dadurch, dass man mit dem rechten Fuß den Schuh kräftig nach vorn drückt.

Das zum Schnitzen dienende Messer, Schnitzmesser (Fig. 36), erhält, um den nöthigen Druck ausüben zu können, zwei Handgriffe, welche rechtwinklig zur Schneide stehen. Es ist ähnlich wie ein Stemm- oder Stecheisen einseitig geschliffen und wird so geführt, dass die flache Seite auf dem zu schnitzenden Gegenstande aufliegt, somit die Face oder abgeschrägte Seite nach oben zu kommt.

Beim Schnitzen von gespaltenem Holze ist die Richtung des Schnitzens gleichgültig, bei gesägtem laufen aber häufig die Fasern schief und man darf dann nicht gegen dieselben schnitzen. Zum Ausarbeiten von Höhlungen gebrauchen die Böttcher gekrümmte Schnitzmesser, Krummeisen, die jedoch bei Arbeiten zu physikalischen Zwecken kaum Anwendung finden dürften.

Feinere Schnitzarbeiten werden mit einem gewöhnlichen kurzen Messer mit langem Stiel, dem sogenannten Schnitzer, ausgeführt, sehr feine endlich mittels kleiner Messerchen, deren Schneide dem Stiel nicht parallel läuft, sondern senkrecht dazu gestellt ist, d. h. mittels kleiner Meißel oder Stemmeisen.

Größere *Stemmeisen* (Fig. 37) dienen besonders zum Ausarbeiten von Vertiefungen, Einschnitten u. dergl. und werden nicht mehr mit der Hand, sondern mittels eines Holzhammers, des sogenannten *Schlägels* (Fig. 38), eingetrieben. Das zugespitzte Ende eines solchen Stemmeisens, die Angel, wird in einem sechs- oder achtkantigen Hefte befestigt und durch einen scheibenförmigen Ansatz gehindert, zu tief in das Heft einzudringen, da dieses hierdurch gespalten würde. Die Zuschärfung der Schneide ist einseitig, so dass, in Folge des dadurch bedingten Seitendrucks, das Stemmeisen tief oder nur wenig eindringt, je nachdem die flache oder abgewandte Seite dem Arbeitsstück zugewandt ist.

Die gewöhnlichen Stemmeisen sind breit und dünn. Zum Ausarbeiten schmaler Einschnitte müssen aber solche angewendet werden, deren Schneide ähnlich wie die der Kreuzmeißel senkrecht zur Breitseite steht.

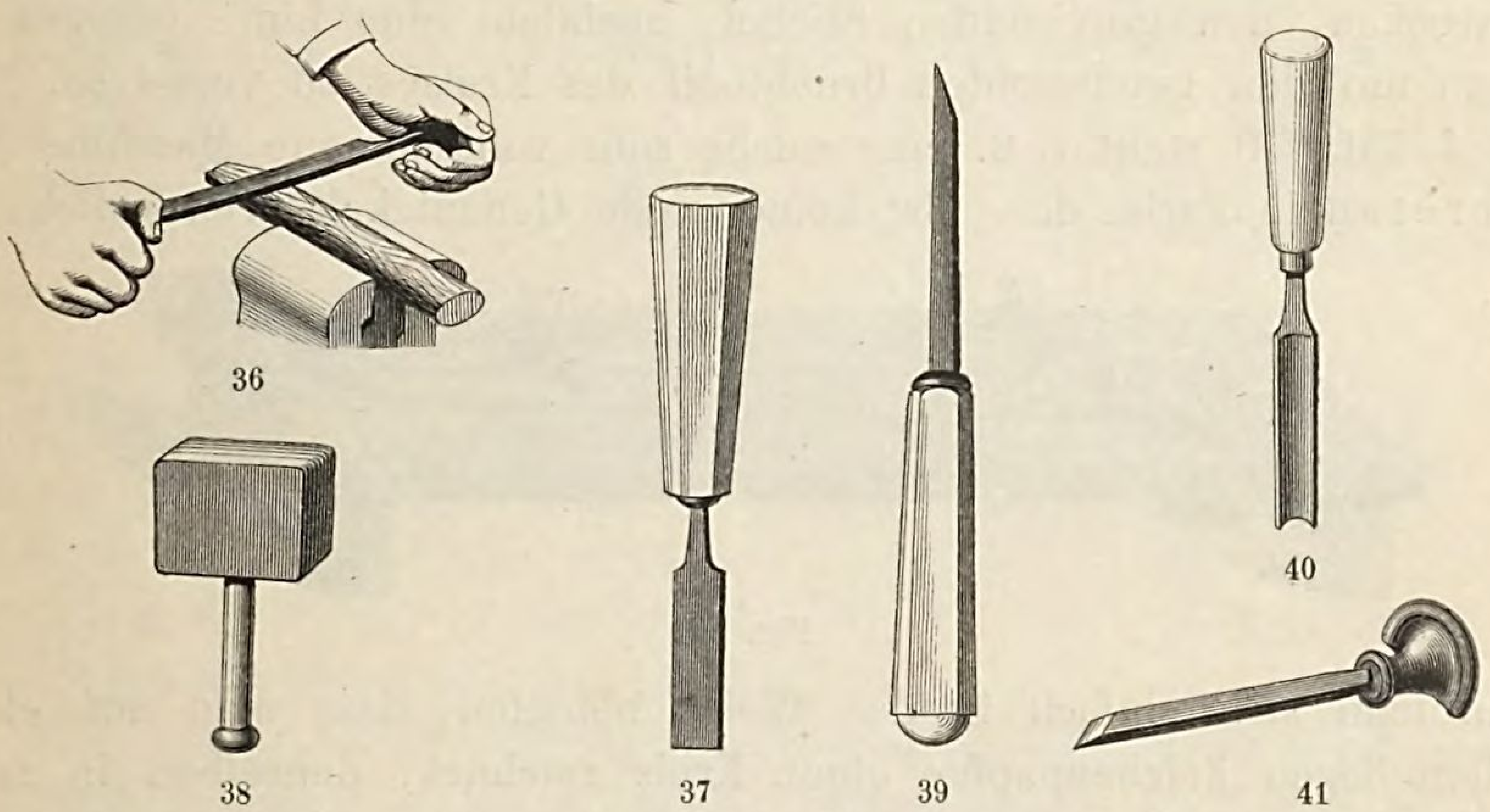


Fig. 36—41.

Diese heissen *Stechbeitel* (Fig. 39). Zur Ausarbeitung rinnenförmiger Vertiefungen dienen Stemmeisen mit bogenförmiger Schneide, sogenannte *Hohleisen* (Fig. 40). Geißfüße, d. h. Stemmeisen mit *V*förmiger Schneide zum Bearbeiten von Winkeln, kommen nur selten zur Anwendung.

Bei Metallen lassen sich einfach durch den Druck der Hand nur kleine Spähne abschnitzen. Die hierzu dienenden Meißel heißen *Grabstichel* (Fig. 41). Es sind dies vierkantige Stäbchen mit schief angeschliffener Endfläche, welch' letztere mit zwei der Seitenflächen Schneiden bildet. Das Heft ist zur Hälfte abgenommen, um auch bei ausgedehnten Flächen die Neigung des Stichels beliebig ändern zu können.

Je schräger man denselben bei der Arbeit hält, um so tiefer wird die Furche. Hält man ihn einseitig, so dass vorzugsweise nur die eine Schneide zur Wirkung kommt, so entsteht eine breite Furche. Will man krumme Linien graviren, so bewegt man Stichel und Gegenstand

gegen einander, Letzteren legt man deshalb, um ihn besser drehen zu können, auf einen kleinen Sandsack. Um ein richtiges Urtheil über die Tiefe der Gravirung zu erlangen, drückt man von Zeit zu Zeit ein Stückchen Modellirwachs darauf, welches dann die Vertiefungen als Erhöhungen wiedergibt.

Bei tiefen Gravirungen in Stahl arbeitet man zweckmäßig in der Weise vor, dass man dicht ein Loch neben dem andern bis zu angemessener Tiefe mittels des Metallbohrers einbohrt und dann die stehen bleibenden Grate abmeißelt.

Zum Einreißen sehr feiner Linien dient irgend eine scharf gehärtete Stahlspitze, z. B. eine Reißnadel, welche, falls die Linie genau gerade werden soll, längs eines Lineals geführt wird. Zur Anfertigung von Kreistheilungen hat man besondere Kreistheilmaschinen, welche bezwecken, den gravirenden Stichel, nachdem eine Linie gezogen ist, genau um den gewünschten Bruchtheil des Kreises zu versetzen. Die Fig. 1 Taf. VIII stellt z. B. eine solche sehr vollkommene Maschine (von Secretan in Paris) dar. Ist keine große Genauigkeit erforderlich, so

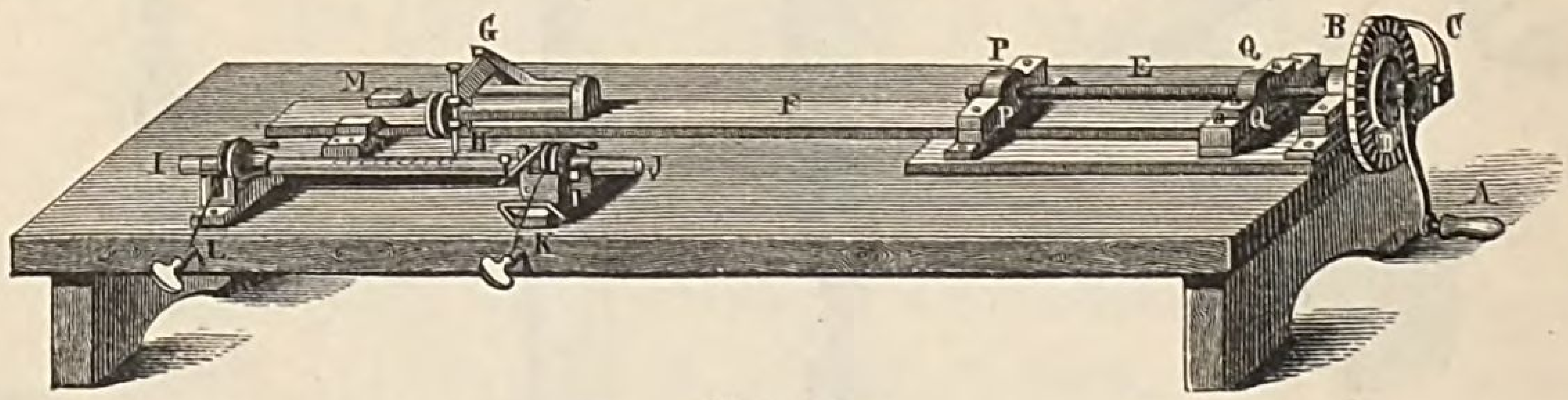


Fig. 42.

kann man sich einfach in der Weise behelfen, dass man auf einen großen Bogen Zeichenpapier einen Kreis zeichnet, denselben in sechs gleiche Theile theilt, jeden halbirt, nochmals halbirt, hierauf in drei und dann in fünf gleiche Theile theilt. Natürlich führt man dabei die direkte Theilung jeweils nur bei einem der vorhandenen Abschnitte wirklich aus und überträgt sie dann mittels einer Papierschablone an die übrigen.

Ist diese Theilung gut gelungen, so befestigt man nun mittels eines Stiftes ein Ende eines Lineals (Blechstreifen) drehbar im Mittelpunkt des Kreises derart, dass eine Kante desselben einen Radius repräsentirt, und zieht nun längs desselben auf der gleichfalls mittels des Stiftes in ihren Mittelpunkt befestigten einzutheilenden Scheibe die Theilstriche in der beabsichtigten Größe. Um alle gleichmäßig lang zu erhalten, ritzt man entweder schon vor der Theilung concentrische Kreise ein, welche die Grenzen darstellen, oder man legt eine Schablone auf, deren Peripherie mit kürzeren und längeren Schlitzen versehen ist, von denen erstere den Fünfer-, letztere den Zehnerstrichen entsprechen.

Aehnlich wie für Kreistheilungen gibt es auch complicirtere Theilmaschinen für Maßstäbe (Fig. 42). Fig. 2 Taf. VIII zeigt eine solche,

wie sie von Bianchi in Paris geliefert wird. Ist nur geringe Genauigkeit erforderlich, so kann man sich auch in diesem Falle leicht helfen, indem man mittels eines mit Stichel versehenen Stangenzirkels die Theilung von einem befestigten, tief eingerissenen Maßstabe auf den in gleicher Richtung in seiner Verlängerung befestigten einzutheilenden Stab überträgt. Um die Striche von richtiger und gleichmäßiger Länge zu erhalten, bedeckt man den zu theilenden Stab mit einer Schablone aus zwei Blechstreifen, deren einer mit den den Fünfer- und Zehnerstrichen entsprechenden Schlitzen versehen ist. Um genaue Resultate zu erhalten, kann man auch beide Stäbe an einander befestigen, nun den getheilten durch das Gesichtsfeld eines Mikroskops hindurchziehen und dabei jeweils, so oft ein Theilstrich gerade die Mitte des Gesichtsfeldes (Kreuzungspunkt des Fadenkreuzes) einnimmt, längs eines querüber festgeschraubten Lineals den entsprechenden Strich auf dem einzutheilenden Stabe einreißen.

Sehr tiefe und ausgedehnte Gravirungen in Messing und Bronze werden an Stelle des Grabstichels mit Meißel und Hammer ausgeführt. Auch zum Justiren der Oberfläche von Gussstücken (Ciseliren), selbst auch für gröbere Arbeiten in Schmiedeeisen, insbesondere zur Beseitigung von Unebenheiten oder zum Erzeugen von Einschnitten sind Meißel und Hammer im Verein mit einem guten Schraubstock sehr wichtige und unentbehrliche Werkzeuge. Mancher arbeitet mühsam und unter großem Zeitverlust mit der Feile oder Säge, was sich ohne große Anstrengung mittels des Meißels hätte ausführen lassen.

Man spannt das betreffende Arbeitsstück in einen genügend schweren und gut befestigten Schraubstock, der mittels eines starken stabförmigen Fortsatzes auf dem Boden aufruht und auch hier in geeigneter Weise fixirt ist. Der Meißel (Fig. 43) wird während der Arbeit mehr oder weniger schief gehalten, je nachdem man gröbere oder feinere Spähne abnehmen will. Die Schneide wird bei gröberen Arbeiten zur Verminderung der Reibung mit Oel benetzt.

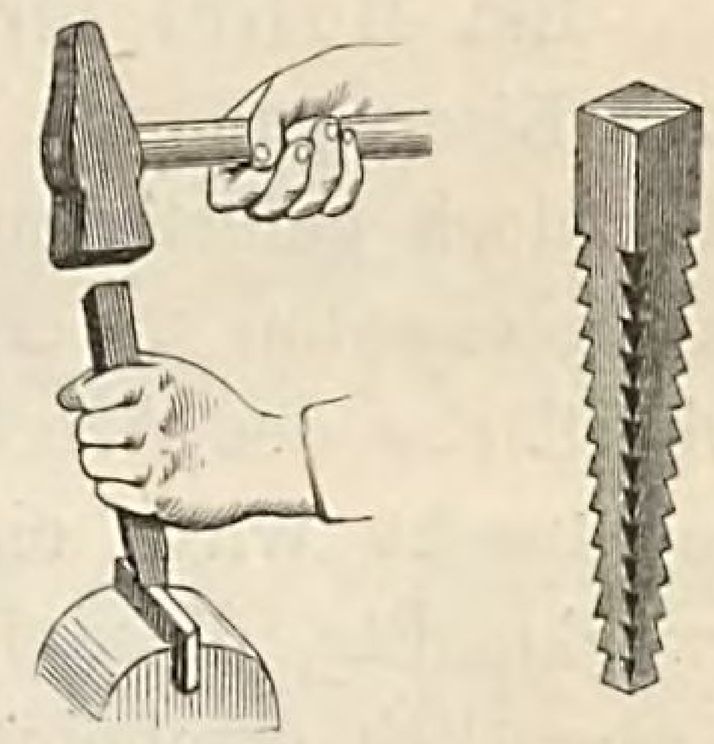


Fig. 43—44.

Beim Bearbeiten von Gusseisen mittels des Meißels entstehen keine zusammenhängende Spähne, sondern kleine Splitterchen, die nach allen Seiten umher fliegen, gegen welche man sich also zweckmäßig durch eine Brille aus Drahtnetz schützt.

Eine eigenthümliche, an das Meißeln sich anschließende Art der Bearbeitung ist die Erweiterung eines rund gebohrten tiefgehenden Loches zu quadratischem Querschnitt, z. B. zur Herstellung eines Uhrschlüssels oder einer Führung für eine quadratische Stange u. dergl. Es dient hierzu ein vierkantiger stählerner Dorn (Fig. 44), welcher

sich schlank conisch verjüngt, so dass seine Spitze eben in das Loch eingesteckt werden kann, und längs seiner Kanten nach Art einer Säge gezahnt ist. Treibt man einen solchen Dorn, den man sich jeweils für den betreffenden Fall selbst herstellt, mittels des Hammers durch das Loch hindurch, so erhält es ohne weiteres die gewünschte Form und ist ganz gleichmäßig. Bei kleineren Löchern genügt schon ein einfaches ungezahntes vierkantiges Stahlstäbchen, insbesondere für Gegenstände aus Messing und anderen weichen Metallen.

Eine eigenartige Nutzanwendung des Grabstichels, welche zum Schlusse noch erwähnt werden mag, ist die Zerschneidung dicker Zinkbleche, wie sie zur Herstellung der Zinkcylinder galvanischer Elemente nöthig sind. Man gravirt auf beiden Seiten der Trennungslinie tiefe Furchen ein und bricht dann die Platte durch, indem man sie zu biegen sucht. Der Grabstichel erhält zu dieser Arbeit Hakenform, so dass man ihn, falls er wirken soll, nicht drückend fortschieben, sondern umgekehrt gegen sich heranziehen muss.

4. Holz- und Metallhobeln.

Zur Herstellung vollkommen ebener Flächen und genau geradliniger und allenthalben gleich breiter und tiefer Nuthen sind die bis jetzt betrachteten Werkzeuge, Stemmeisen und Meißel, nicht genügend. Es müssen dieselben, um diesen Zweck zu erreichen, mit einer Führung versehen werden, welche sie zwingt, stets genau in gleicher Weise zu wirken. So vorgerichtete Werkzeuge werden Hobel genannt.

Ein Hobel für Holz (Fig. 45) besteht also aus dem Meißel, einfach Eisen genannt, und der gewöhnlich aus einem parallelepipedischen Holzblock gefertigten Führung, dem »Kasten«. Letzterer gleitet mit der gut geebneten unteren Fläche, der Sohle, während der Arbeit längs der Oberfläche des Arbeitsstückes hin und hindert so den Meißel, tiefer als gewünscht wird einzugehen. Es ist zur Verminderung der Reibung zweckmäßig, diese Fläche zeitweise mit Talg oder Seife zu bestreichen. Namentlich erscheint dies nöthig bei Hobeln, deren Kasten aus Eisen gefertigt ist (Fig. 46). Um einem solchen eisernen Kasten hinreichende Leichtigkeit zu verleihen, ist der eigentliche Körper auf ein Minimum reducirt, dagegen, um ihn kräftig anfassen zu können, mit zwei kräftigen, passend geformten Handhaben versehen.

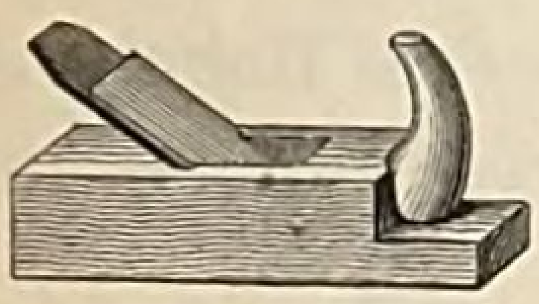
Bei jedem Hobel steckt das Eisen in einem Ausschnitte des Kastens und wird hier durch einen Keil (bei eisernen Hobeln durch eine Feder und Schraube) festgeklemmt. Es ragt nur sehr wenig über die Sohle hervor. Soll es zurückgestellt werden, so führt man mittels eines Hammers einige Schläge auf das hintere Ende des Kastens, der Keil

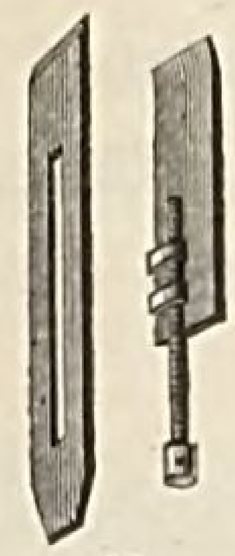
lockert sich hierdurch und das Eisen verschiebt sich nach oben. Um den Keil wieder zu befestigen, gibt man ihm ebenfalls einen Schlag.

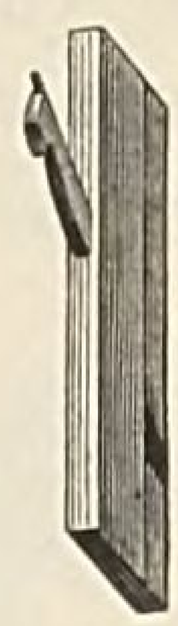
Die gebräuchlichsten Hobel sind:

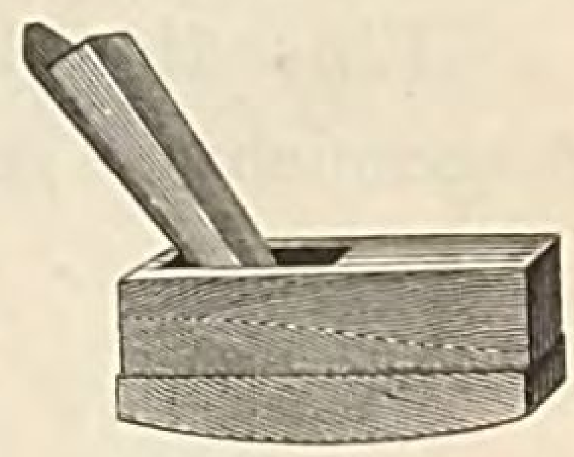
1) Der Schropphobel (Fig. 45), dessen Eisen eine stark bogenförmige Schneide besitzt. Derselbe schneidet starke Spähne, erzeugt aber keine ganz ebene Fläche, dient also vorzugsweise zum ersten Bearbeiten roher Bretter und Klötze.

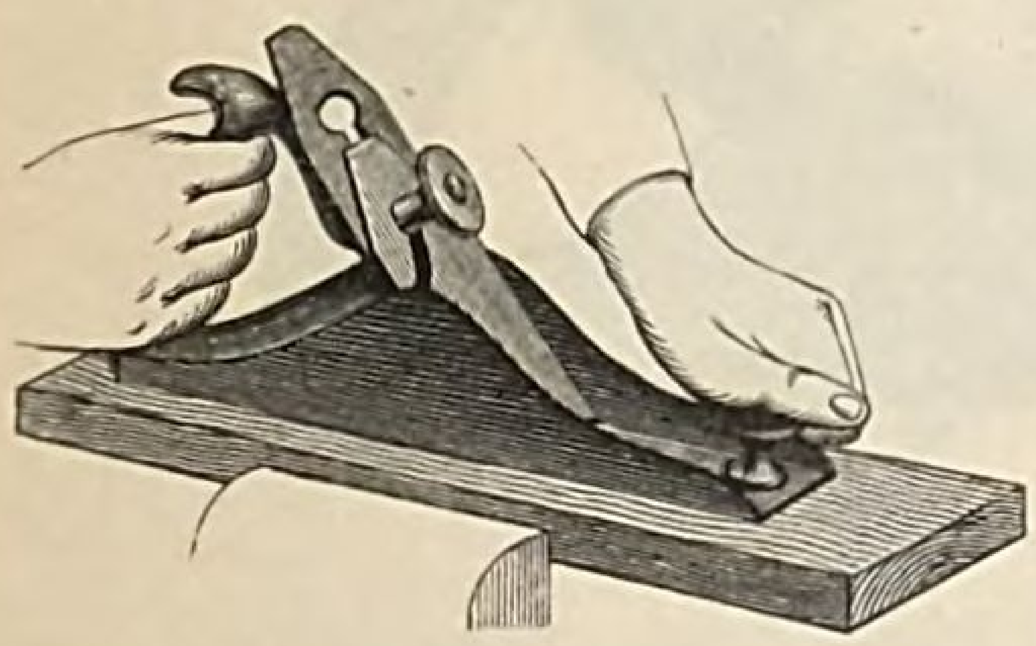
2) Der Schlichthobel (Fig. 46). Das Eisen besitzt gerade Schneide und ist für feinere Arbeiten mit einem zweiten, der Deckplatte, combinirt (Fig. 47), welches in umgekehrter Lage, verstellbar, so auf dem ersten befestigt ist, dass der Hobelspahn im Augenblick des Entstehens dagegen stößt, fast unter rechtem Winkel abgebogen und dadurch

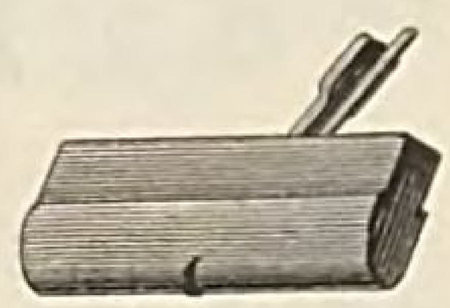

45


47


48


50


46


49

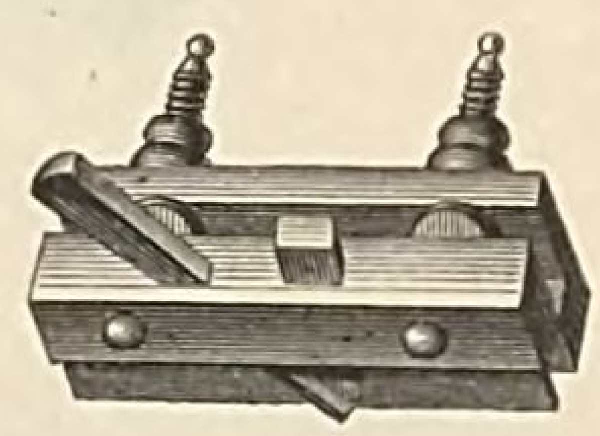

51

Fig. 45—51.

geknickt wird. Hierdurch wird die gehobelte Fläche sehr glatt, und zwar um so mehr, je mehr die Schneiden der beiden Eisen durch eine Regulirschraube einander genähert sind.

3) Der Gesimshobel (Fig. 48). Die Schneide seines Eisens nimmt die ganze Breite der übrigens schmalen Sohle ein, so dass man damit im Stande ist, scharfkantige Nuthen auszuhobeln.

4) Der Rundhobel (Fig. 49). Die Sohle und entsprechend die Schneide des Eisens sind gewölbt, so dass man rinnenförmige Vertiefungen einhobeln kann.

5) Der Schiffhobel (Fig. 50) mit der Länge nach gewölbter Sohle zum Hobeln concaver Stellen.

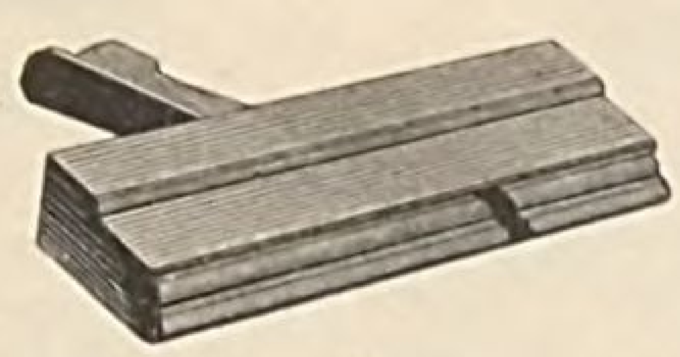
6) Der Nuthhobel (Fig. 51) zum Einarbeiten schmaler Nuthen mit unten freistehendem, nur durch eine Metallschiene gehaltenem Eisen, so dass man solche von sehr verschiedenen Breiten einsetzen kann. Die

Metallschiene besitzt eine Unterbrechung für den Meißel und greift in eine Nuth in demselben ein. Die Entfernung der einzuhobelnden Nuth vom Rande des Brettes wird durch eine mittels Schrauben verstellbare Führung geregelt.

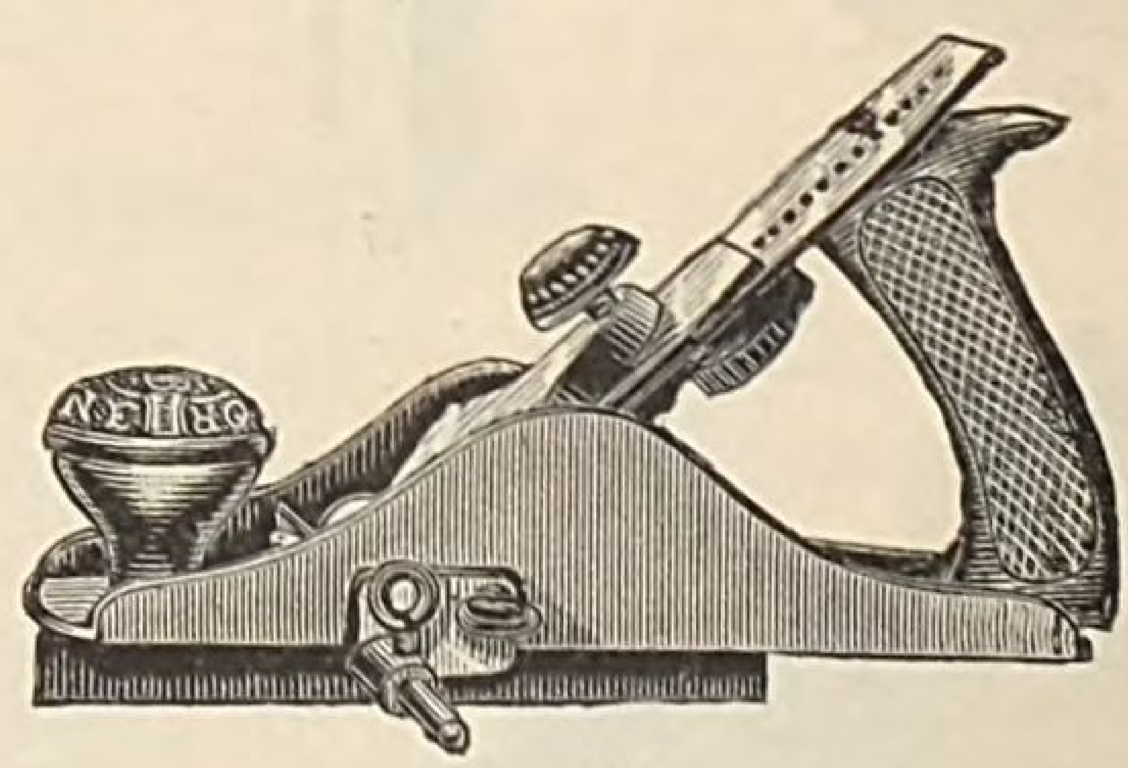
7) Der Kehlhobel (Fig. 52) mit profilirtem Eisen und entsprechender Sohle. Derselbe findet z. B. dann Anwendung, wenn die Grundplatte eines Apparates mit einem profilirten Rand versehen werden soll.

Arbeitet man mittels desselben auf der Hirnseite, so ist sehr darauf zu achten, dass am Rande kein Ausreißen einzelner Holzsplitter stattfinde. Zweckmäßig arbeitet man hier mit Raspel oder Feile etwas vor und nimmt nur sehr dünne Spähne weg. Gleiches gilt übrigens auch für andere Hobel, nur kann man sich bei diesen dadurch helfen, dass man nicht ganz bis zum Rande hobelt, sondern dann den Hobel umdreht und das Ende von der entgegengesetzten Seite her bearbeitet.

Eine Hauptsache ist ferner in allen Fällen, dass das Hobeleisen ausgezeichnet geschliffen sei (so dass man damit rasiren könnte) und



52



53

Fig. 52—53.

weder Scharten noch ungerade Schneide besitze. Erstere entstehen leicht durch unbeachtete Nägel beim Hobeln von altem Holz, letztere, wenn der Schleif- und Abziehstein nicht vollkommen eben sind. Ein rotirender Schleifstein ist zum Schleifen von Hobeleisen nicht zu empfehlen.

Sehr elegant sind die neueren eisernen Hobel, die zuweilen zu mehreren Arten des Hobelns gleichzeitig zu verwenden sind (Fig. 53). Sie besitzen noch den Vorzug, dass sie sich leicht auseinandernehmen und reinigen lassen, dagegen den Nachtheil, dass die Reibung von Eisen gegen Holz ziemlich beträchtlich ist, so dass sie häufig gefettet werden müssen.

Zum Hobeln langer Bretter dienen sehr (bis 3 m) lange Hobel, welche für physikalische Arbeiten ohne Werth sind. Das Gleiche gilt von den im Fabrikbetrieb mit Nutzen verwendeten Hobelmaschinen, bei welchen das Hobeleisen auf einer Achse befestigt ist und sehr rasch rotirt, während das abzuholende Arbeitsstück darunter langsam fortgeschoben wird.

Zum Einspannen kleiner Holzstücke, welche behobelt werden sollen,

kann ein gewöhnlicher Schraubstock, insbesondere ein Parallelschraubstock dienen. Ein solcher bietet indess eine Reihe von Uebelständen, unter denen wohl in erster Linie derjenige zu nennen ist, dass beim Ausgleiten des Hobels, das namentlich dem Ungeübten vorkommen kann, die Schneide des Hobeleisens, falls sie an eine Kante des Schraubstockes anstößt, gründlich zerstört wird und die Ausbesserung durch Nachschleifen eine sehr zeitraubende und für den Hobel keineswegs vortheilhafte Arbeit ist.

Wenn möglich, bedient man sich deshalb der bekannten, gewissermaßen einen großen Parallelschraubstock darstellenden Hobelbank (Fig. 53). Ihre Construktion ist derart, dass man mit Leichtigkeit die kleinsten und größten Stücke darin befestigen kann, selbst Stücke, die beträchtlich länger sind als die Bank selbst.

Kleine Stücke werden zwischen den Backen der sogenannten Vorderzange (Fig. 54 rechts) eingesetzt und durch Anziehen der Schraube festgeklemmt. Größere spannt man zwischen zwei Bankeisen, d. h. vier-

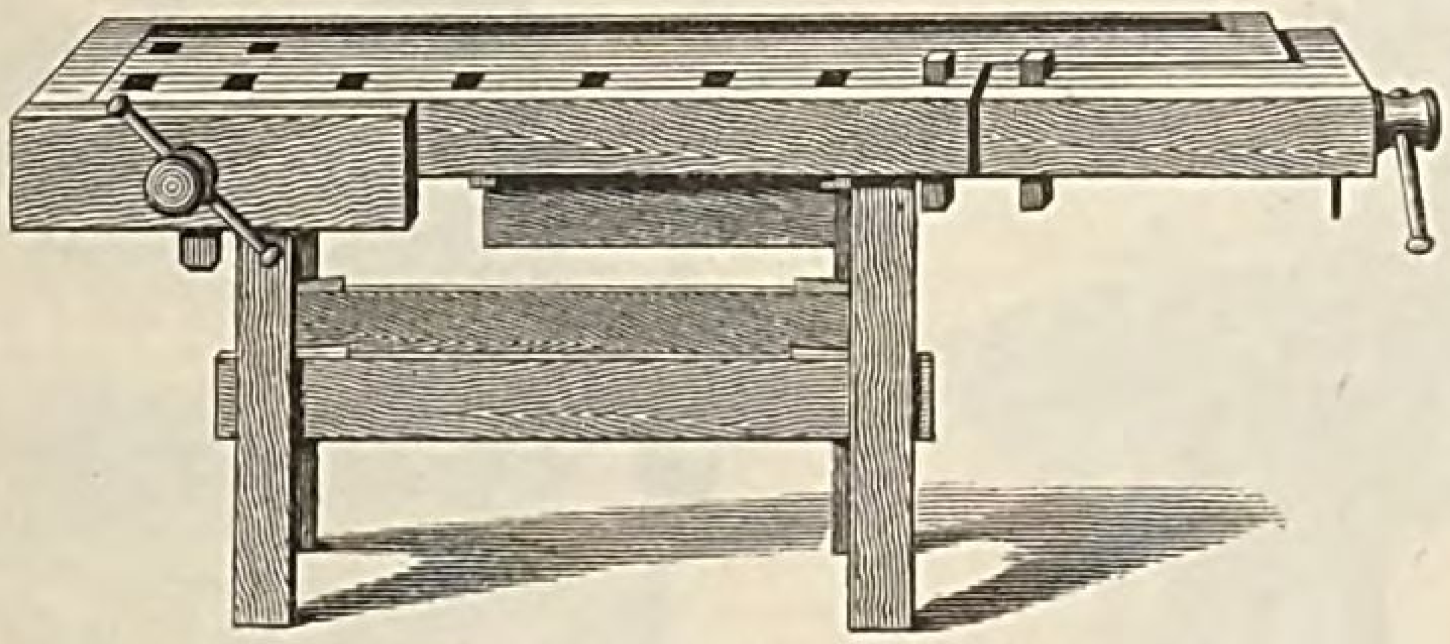


Fig. 54.

eckige Eisenklötze, welche in die auf der Tischfläche sichtbaren Löcher eingesetzt werden können und darin durch eine angenietete Feder festgehalten werden. Das eine wird in das Loch der Vorderzange eingesetzt, das andere in ein Loch der Tischplatte, so dass die Entfernung beider der Größe des aufzuspannenden Gegenstandes entspricht. Wird derselbe nun dazwischen gebracht und die Schraube der Vorderzange angezogen, so klemmen ihn die Köpfe der Bankeisen fest, ganz ähnlich wie die Backen eines großen Parallelschraubstocks. Die Köpfe der Bankeisen lässt man natürlich nur wenig über die Tischfläche vorstehen, jedenfalls weniger als die Dicke des zu befestigenden Brettes beträgt, damit nicht etwa der Hobel daran anstoßen und sich beschädigen kann.

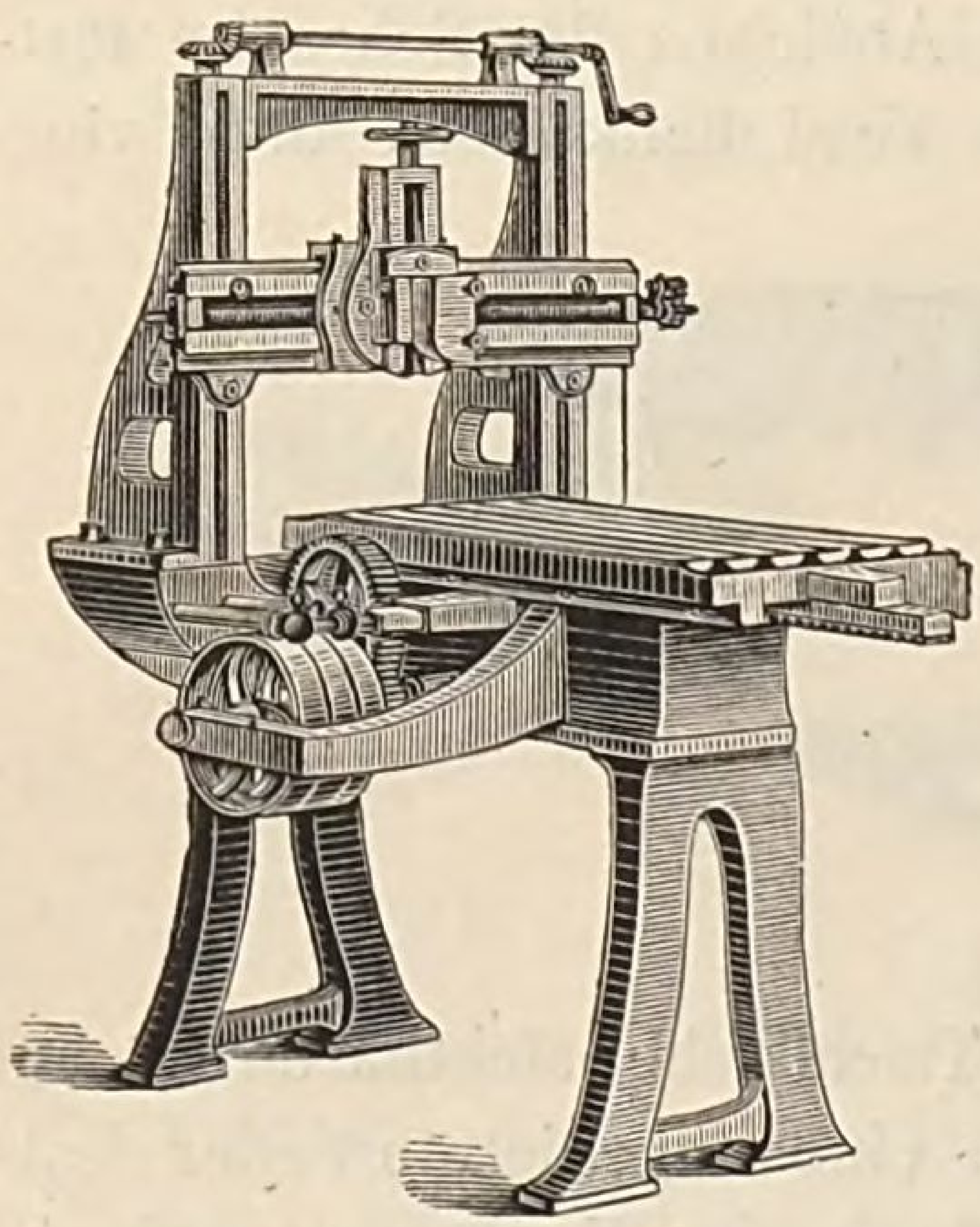
Sehr große Stücke, z. B. auf der Kante zu hobelnde Bretter, werden in der Hinterzange eingeklemmt, welche einem Schraubstock mit sehr breitem Maule zu vergleichen ist. Wenn nöthig, wird das freie Ende durch eine Unterlage von geeigneter Höhe (Stehknecht) gestützt.

Um während des Hobelns nicht durch Werkzeuge, welche auf der Tischfläche umherliegen, gestört zu werden, ist auf der Hinterseite der-

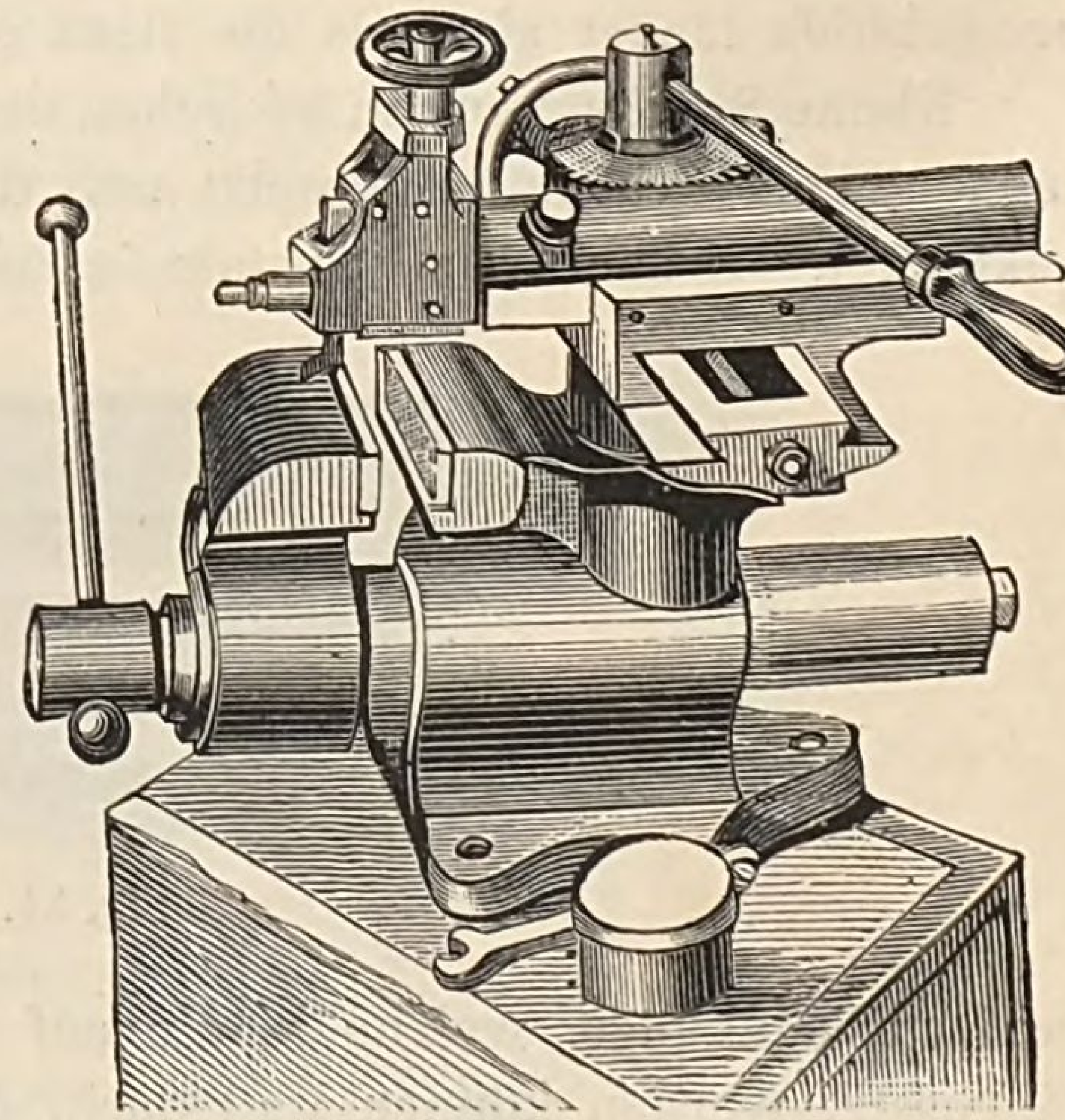
selben ein langer Trog, die sogenannte Beilade, angebracht, in welchen man dieselben, wenn nöthig, rasch hineinschieben kann. Zum Aufbewahren kleiner Gegenstände ist die Hobelbank außerdem vorn noch mit einer Schublade versehen.

Das Gestell der Hobelbank ist durch Keilverbindungen zusammengehalten, so dass man, falls sich dasselbe im Laufe der Zeit gelockert haben sollte, durch kräftiges Eintreiben der Keile die feste Verbindung leicht wieder herstellen kann. Gehen die Schrauben mit zuviel Reibung, so beseitigt man diese durch Einschmieren mit Seife.

Zum Hobeln von Metall können Hobel mit schwerem, massiv eisernem Kasten und gezähntem Eisen verwendet werden, dieselben sind aber für



55



56

Fig. 55—56.

physikalische Arbeiten ohne Belang. Ebenso dürften auch die Metallhobel- oder Bestoßmaschinen mit horizontal oder vertikal geführtem Eisen für die Werkstätte des Physikers ohne wesentliche Bedeutung sein, obschon sie allerdings zur Herstellung zahlreicher physikalischer Apparate kaum entbehrlich sind. Größere Maschinen dieser Art (Fig. 55) sind zu theuer, kleine aber leisten nicht viel, da der Hauptzweck einer solchen Maschine, die Herstellung langer, genau prismatischer Stäbe oder Nuthen, oder ausgedehnter ebener Flächen, gleich große Ausdehnung des Tisches der Hobelmaschine erfordert. Sehr kleine, sogenannte Feilmaschinen (Fig. 56), sind für manche Zwecke wohl brauchbar.

Die Hauptsache bei all diesen verschiedenen Werkzeugen und Werk-

zeugmaschinen ist, dass die Schneide des Meißels (Fig. 57) in genau richtiger Weise geschliffen sei. Man hat dabei zweierlei zu beachten, nämlich:

1) den Zuschärfungswinkel α,

2) den Anstellungswinkel i.

Um die günstigste Wirkung, d. h. den geringsten Arbeitsaufwand zu erzielen, müssen dieselben folgende Werthe erhalten:

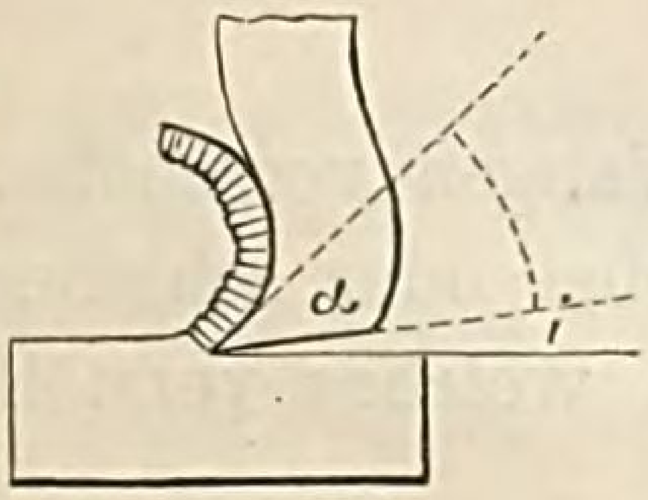
Schmiedeeisen	$\alpha = 51^0$	$i = 3^0$
Gusseisen	51^0	4^0
Bronze	66^0	3^0.

Gewöhnlich wählt man indess etwas stumpfere Schneiden, da sonst zu rasche Abnutzung eintritt. Die in jedem Falle zweckmäßigste Form lernt man sehr bald durch den Gebrauch kennen.

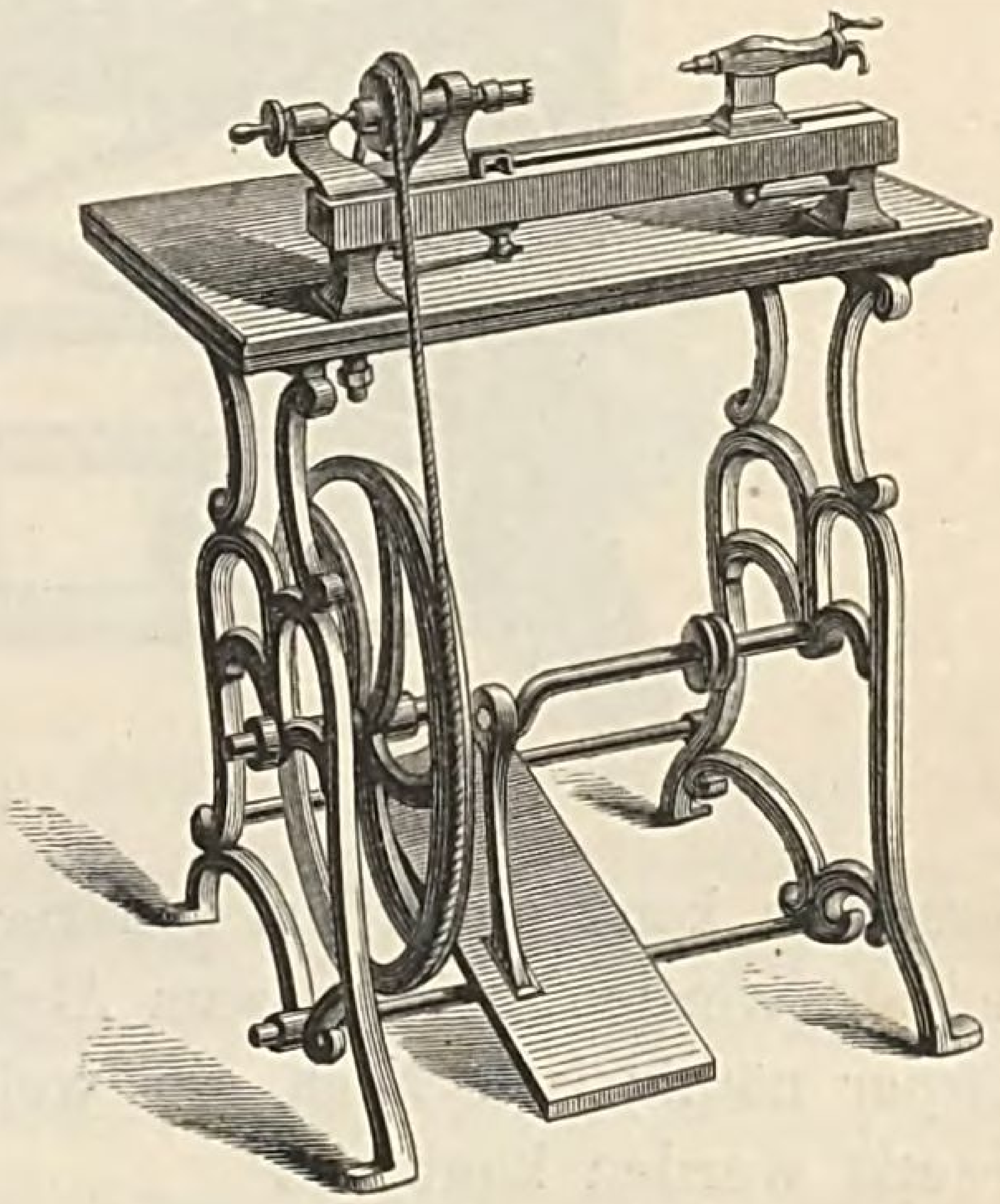
5. Holzdrehen.

So wie das Hobeln bezweckt, vollkommen ebene Flächen herzustellen, so ist das Drehen geeignet, cylindrische oder beliebige andere Rotationsflächen zu erzeugen, und zwar dadurch, dass man den zu bearbeitenden Körper um seine Achse rotiren lässt, während die Schneide feststeht, wenigstens dem Arbeitsstück nur entgegengerückt wird.

Die hierzu dienende Drehbank (Fig. 58) besteht aus folgenden Theilen:



57



58

Fig. 57—58.

1) dem das Ganze tragenden Tisch, welcher hinreichend fest und stark gebaut sein muss, um kein Schwanken und Erzittern zuzulassen;

2) den Wangen, aus zwei genau abgehobelten eisernen Leisten bestehend, in deren Zwischenraum sich zwei Docken verschieben und festhalten lassen, nämlich

3) der Spindelstock, welcher die mit Rollen versehene Spindel trägt, und

4) der Reitstock, welcher zur Aufnahme des Reitnagels dient. Letzterer ist cylindrisch abgedreht und kann in einer genau passenden Höhlung des Reitstocks mittels Führungsschraube verschoben werden. Er dient zum Festhalten von Gegenständen, welche sich nicht hinreichend fest an der Spindel befestigen lassen. Letztere erhält ihre rotirende Bewegung vermittelst einer Schnur oder eines Riemens von dem unter dem Tisch befindlichen Schwungrad, welches durch einen Tritt in Bewegung gesetzt werden kann. Außer den beiden Docken wird

5) noch eine Auflage aufgeschraubt, welche dem arbeitenden Meißel und der Hand, welche denselben führt, einen Stützpunkt gewähren soll. Sie kann ebenfalls beliebig in der Spalte zwischen den beiden Wangen verstellt und an gewünschter Stelle befestigt werden. Der obere Theil

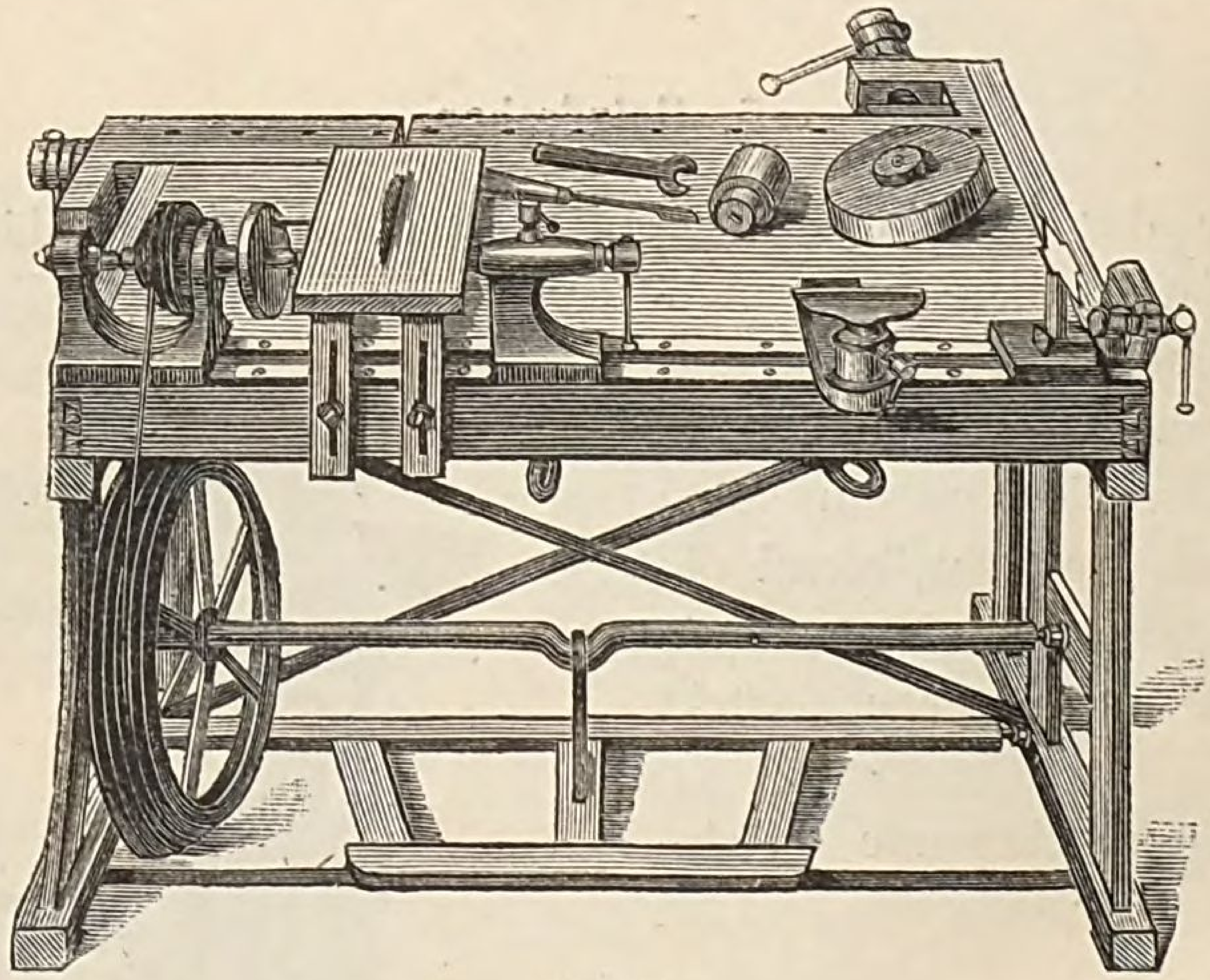


Fig. 59.

derselben kann außerdem senkrecht zu den Wangen verschoben und so gedreht werden, wie es zum Abdrehen conischer oder scheibenförmiger Körper nöthig ist. Noch ein weiteres Stück, welches verstellbar aufgesetzt werden kann, ist

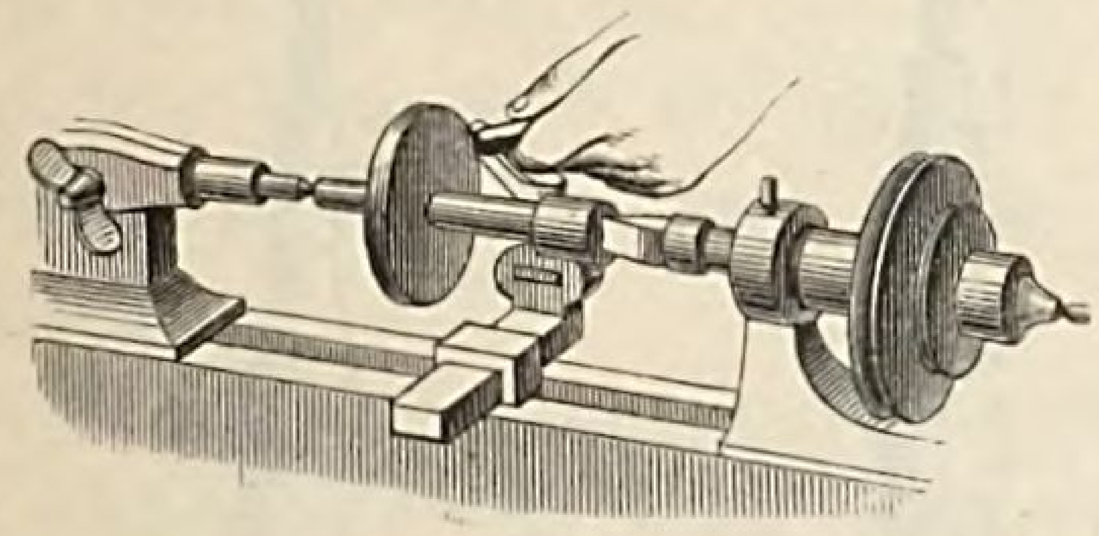
6) die Lunette oder Brille. Sie ersetzt den Reitstock, wenn ein langer cylindrischer Stab bearbeitet werden soll, der nicht mehr zwischen Spindel und Reitnagel Platz fände. Man steckt das Ende des Stabes zwischen die beiden Backen der Lunette und stellt diese so, dass dasselbe richtig und sicher läuft.

Eine größere Holzdrehbank ist dargestellt in Fig. 1, Taf. IX, eine Combination von Holzdrehbank und Hobelbank in Fig. 59.

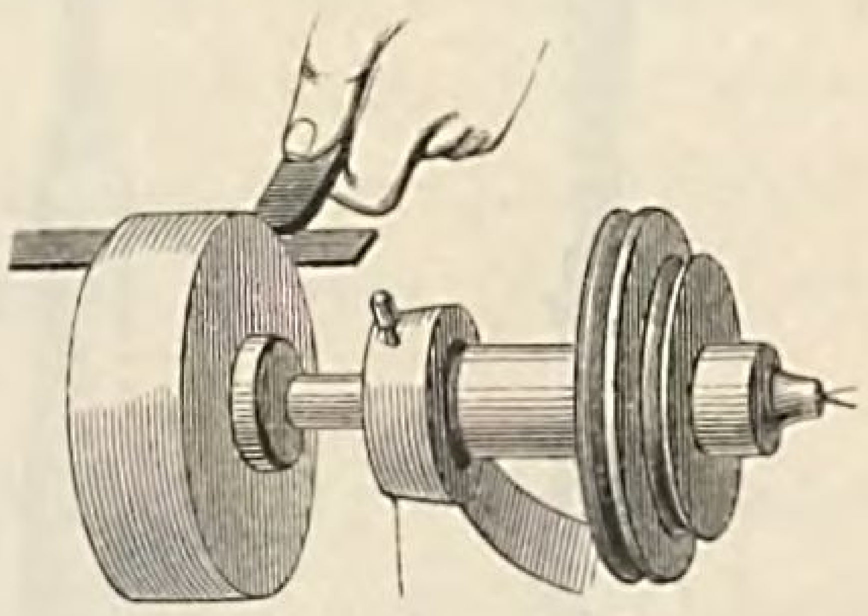
Die einfachste Art, ein abzudrehendes Holzstück an der Spindel zu befestigen, um dasselbe so in Umdrehung versetzen zu können, ist die mittels des Dreizacks. Derselbe ist ein auf die Spindel aufzu-

schraubender Kopf, welcher mit drei Spitzen, einer centralen und zwei seitlichen, versehen ist. Diese drei Spitzen werden in die eine Endfläche des Arbeitsstücks eingestochen und gegen die Mitte der anderen Endfläche die Spitze des Reitnagels angedrückt (Fig. 60). Letztere muss zur Verminderung der Reibung und der hierdurch bedingten Erhitzung zeitweise mit Oel benetzt werden. Um ein Arbeitsstück, welches aus irgend einem Grunde ausgespannt wurde, sofort wieder richtig centrirt einspannen zu können, sind die beiden seitlichen Spitzen des Dreizacks unsymmetrisch, so dass man leicht erkennen kann, in welche Vertiefung der Endfläche dieselben einpassen.

Soll wesentlich die Endfläche eines Gegenstandes bearbeitet werden, so dass es nicht möglich ist, die Spitze des Reitnagels gegen dieselbe anzudrücken, so benutzt man das Schraubenfutter. Dasselbe besteht aus einer starken Holzschraube mit scharfen, tiefen Gewindgängen und einer Ansatzscheibe, welche sie hindert, allzuweit in das aufzuschraubende Objekt einzudringen. Man bohrt in den abzudrehenden Gegenstand zunächst ein entsprechend großes Loch, schraubt denselben auf und befestigt dann das Futter an der Spindel (Fig. 61).



60



61

Fig. 60—61.

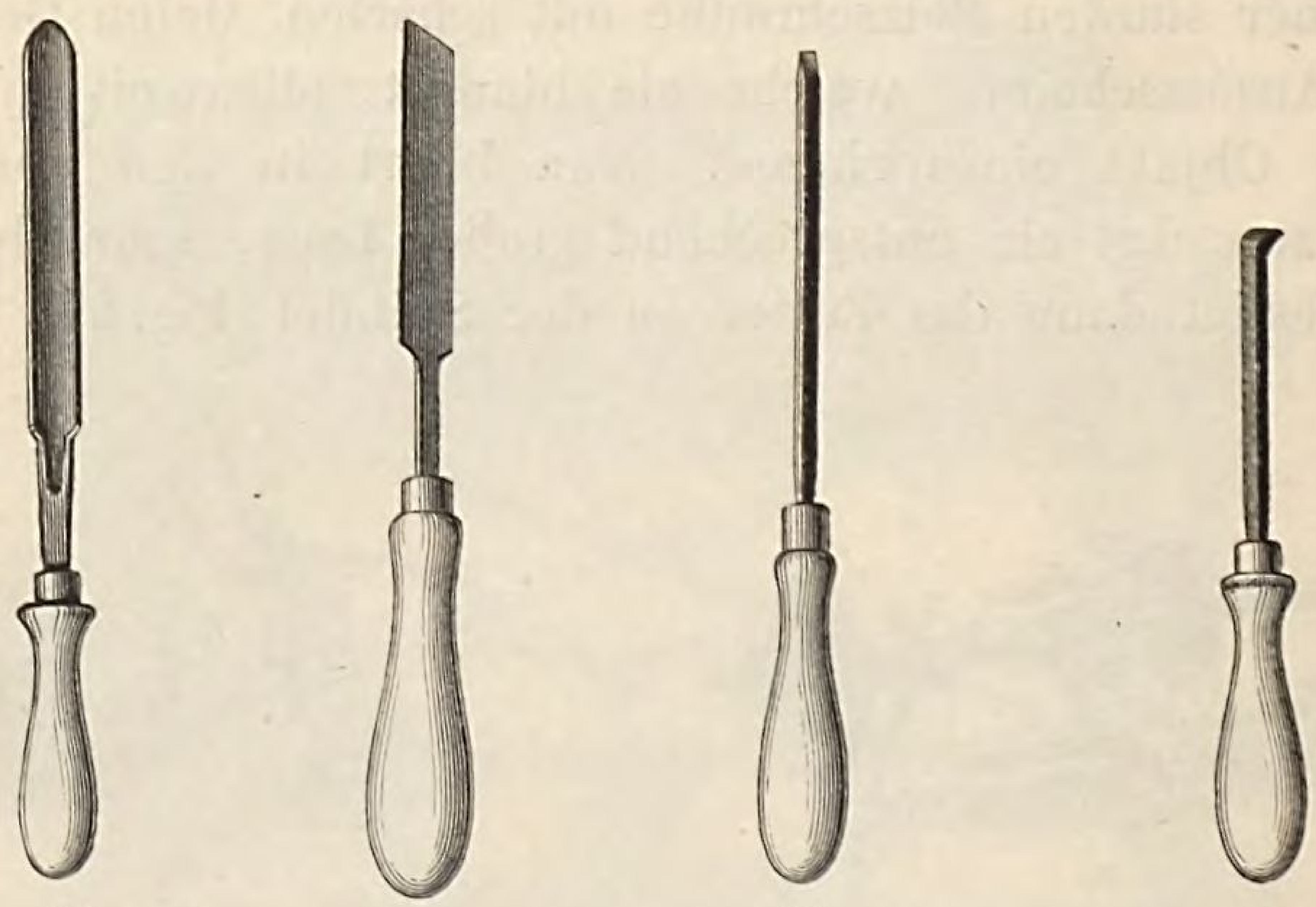
Ein anderes Futter, welches dem gleichen Zweck dient und ein Anbohren des Gegenstandes unnöthig macht, ist das Hohlfutter, d. h. eine starke conische Hülse, welche auf das Ende der Spindel aufgeschraubt werden kann. Man dreht zunächst auf dem Dreizack das eine Ende des Gegenstandes so, dass es gerade in diese Hülse einpasst, und treibt es dann (ev. nach Einreiben mit Kreide) durch einige Hammerschläge in die Hülse ein.

Für manche Zwecke wird das Hohlfutter in der Weise abgeändert, dass man es dünn und seitlich geschlitzt, also federnd gestaltet, und durch Aufschrauben einer Mutter gegen den Gegenstand anpresst. In andern Fällen erhält es die Form einer Zange oder Klemme und dergl. Für die gewöhnlichen Arbeiten des Physikers sind diese Formen indess ohne Belang.

Gegenstände, die innen hohl sind, schiebt man am besten auf ein entsprechend schwach conisch abgedrehtes Stück Hartholz — Dorn

genannt — welches mittels einiger Hammerschläge eingetrieben und dann zwischen Dreizack und Reitnagel eingespannt wird.

Abzudrehende Scheiben, welche nicht durchbohrt und auf dem Schraubenfutter befestigt werden können, werden auf eine kleinere, gewöhnlich direkt auf das Ende der Spindel aufgeschraubte Holzscheibe — Kittscheibe — aufgekittet. Solcher Scheiben hält man sich zweckmäßig immer eine größere Anzahl von verschiedenem Durchmesser vorräthig. Die Gewinde werden entweder direct in das Holz eingeschnitten oder man befestigt das Holz auf einer metallenen Büchse, deren Gewinde dem der Drehbankspindel entspricht, eventuell auch auf der Planscheibe. Als Kitt dient Schellack, dem etwas venetianischer Terpentin zugesetzt wurde. Man bestreicht beide Flächen sehr dünn längs eines Ringes mit dem geschmolzenen Kitt, drückt die zu befestigende Scheibe mit ihrem



62 63 64 65

Fig. 62—65.

Mittelpunkt, den man mittels eines Körners markirt hat, gegen die Spitze des Reitnagels, lässt die andere Scheibe rasch umlaufen und schiebt nun den Reitnagel so weit vor, bis beide Scheiben zur Berührung kommen. Die durch Reibung entstehende Wärme ist genügend, die Kittschicht zu schmelzen und somit die beiden Scheiben fest zu verbinden. Ist die Scheibe gut aufgekittet, so kann natürlich die Reitstockspitze, die nur zum Centriren diente, wieder entfernt werden. Das Loslösen nach beendeter Arbeit geschieht nach Entfernen der Reitstockspitze durch einen kurzen Hammerschlag und Einschieben eines Messers. In Folge der Sprödigkeit des Kittes vollzieht es sich mit Leichtigkeit.

Von Drehstählen gebraucht man im Wesentlichen vier Sorten, nämlich: Röhre, Meißel, Stich- und Ausdrehstahl, jede Sorte natürlich in verschiedener Größe.

Die Röhre (Fig. 62) ist rinnenartig ausgehöhlt und gleicht dem zum

Stemmen benutzten Hohleisen mit dem Unterschiede, dass die Schneide nicht gerade angeschliffen ist, sondern bogenförmig so, dass ihr mittlerer Theil beträchtlich vorspringt. Aehnlich wie der Schropphobel dient sie dazu, die zunächst noch eckigen und kantigen Gegenstände aus dem Rohen zu arbeiten, wobei man sie natürlich im Anfange nur sehr wenig angreifen lässt, außerdem aber zur Herstellung halbrunder Furchen.

Zum Reindrehen, Glätten oder Schlichten der gedrehten Gegenstände dient der Meißel (Fig. 63), welcher vom Stemm- und Hobeleisen dadurch verschieden ist, dass seine Schneide schief steht.

Der Stichstahl (Fig. 64) dient zum Ausdrehen rechteckiger Furchen und auch zum Abstechen eines fertig gedrehten Gegenstandes, d. h. Eindrehen einer Furche von solcher Tiefe, dass der Gegenstand von dem noch an der Spindel befestigten Theil getrennt wird.

Der Ausdrehstahl (Fig. 65) hat Hakenform und dient zum Ausdrehen von Höhlungen. Je nach dem speciellen Zweck ist seine Form sehr wechselnd. Man hält einen Stahl mit beiden Händen. Die Linke, welche sich auf die Vorlage stützt, gibt hier dem Stahl einen Stützpunkt, die Rechte hält den Griff und gibt ihm durch Heben, Senken, Vor- und Zurückschieben die richtige Stellung. Ist der Stahl gut geschliffen und die Haltung desselben richtig, so ist keine Kraftanstrengung zur Führung desselben nöthig. Er gleitet mit größter Leichtigkeit längs des Arbeitsstückes hin und wirkt ganz sicher in der Weise, wie man es wünscht.

Im Anfange nehme man nur dünne Spähne, die Uebung lehrt bald, bis zu welchem Maße man weiterschreiten darf. Nur zur Bearbeitung sehr großer Stücke werden tiefer greifende Stähle angewandt, welche zur Verstärkung der Reibung auf der Vorlage unten gerieft und mit langen, zum Auflegen auf die Schulter bestimmten Heften versehen sind. Für den Physiker sind solche unnöthig.

Die Vorlage muss stets so nahe wie möglich an das Arbeitsstück herangerückt werden, um den Hebelarm, auf welchen letzteres wirkt, möglichst zu verkleinern.

Soll glatt gedreht werden, d. h. sollen nur dünne Spähne abgenommen werden, so stellt man die Vorlage hoch, so dass der Anstellungswinkel zwischen Holz und Stahl sehr klein wird. Wird der Gegenstand nicht mehr glatt, so ist dies ein Zeichen, dass der Meißel nicht mehr genügend schneide, man muss ihn also wieder abziehen oder neu schleifen.

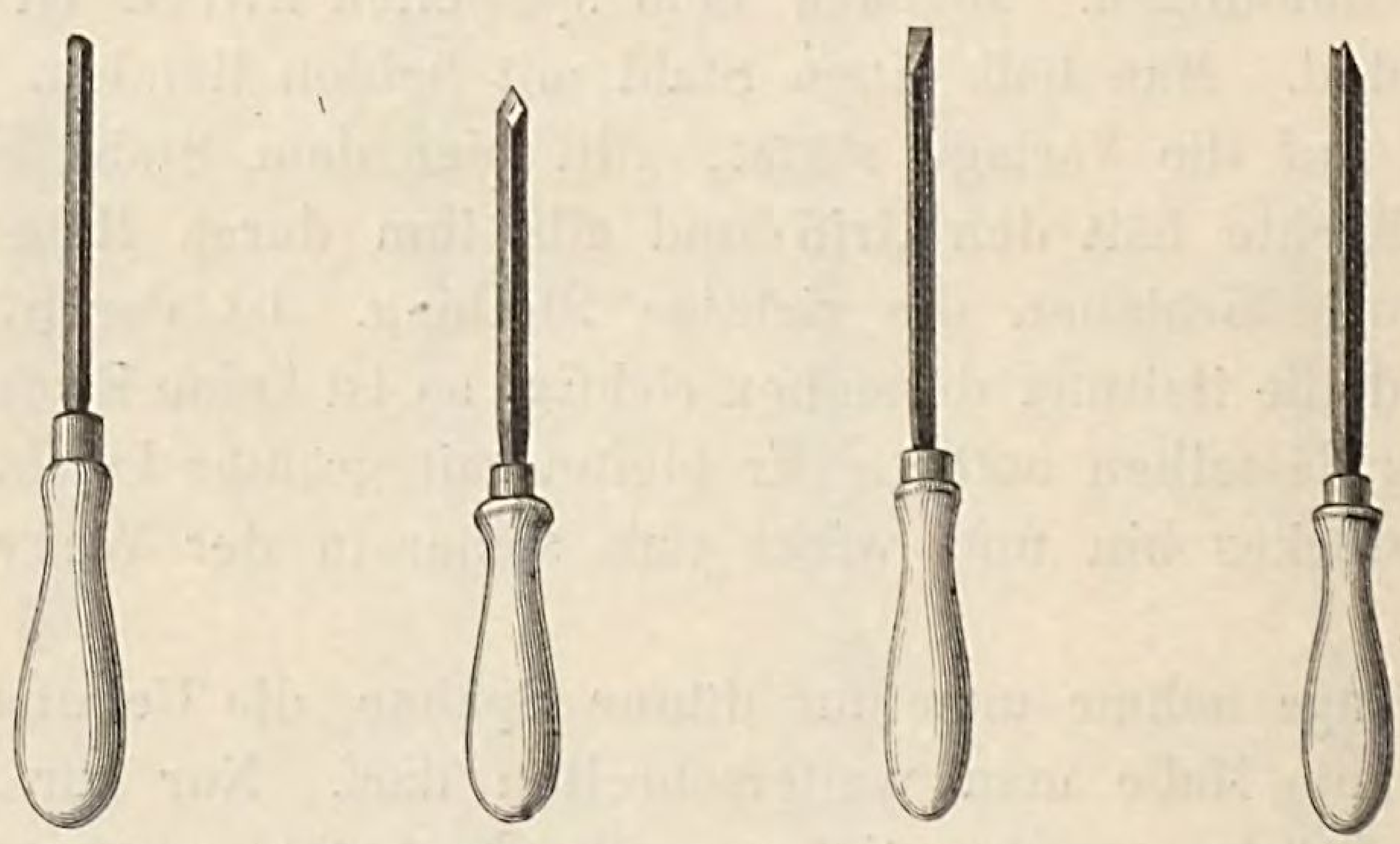
6. Metalldrehen.

Kleinere Gegenstände aus Metall können schon auf der einfachen Holzdrehbank gedreht werden, nur sind selbstverständlich anders geformte

Drehstähle erforderlich, da, wie schon in dem Artikel »Hobeln« bemerkt wurde, die günstigsten Anstellungs- und Schneidwinkel für die verschiedenen Materialien verschieden sind.

Der Röhre für Holzdrehen entspricht beim Metalldrehen der Rundstahl (Fig. 66). Derselbe ist nicht wie die Röhre rinnenförmig ausgehöhlt, sondern hat nur die bogenförmige Schneide damit gemein. Er dient zum Wegnehmen grober Spähne bei weichen Metallen und zum Ausarbeiten von Hohlkehlen.

Der eigentliche Schrotstahl für härtere Metalle ist der Spitzstahl (Fig. 67). Derselbe wird aus einem Stück Quadratstahl gebildet, welches nach Art eines Grabstichels schief angeschliffen wird, so dass eine Endfläche von der Form eines Rhombus entsteht, die mit zwei Seitenflächen symmetrisch liegende Schneiden bildet. Je nachdem man denselben hält, kann man ihn sowohl als Schrot- wie als Schlichtstahl gebrauchen. Es



66 67 68 69

Fig. 66—69.

sind indess außer diesem auch eigentliche Schlichtstähle in Gebrauch, deren Schneidfläche gerade angeschliffen ist, so dass nur eine Schneide entsteht.

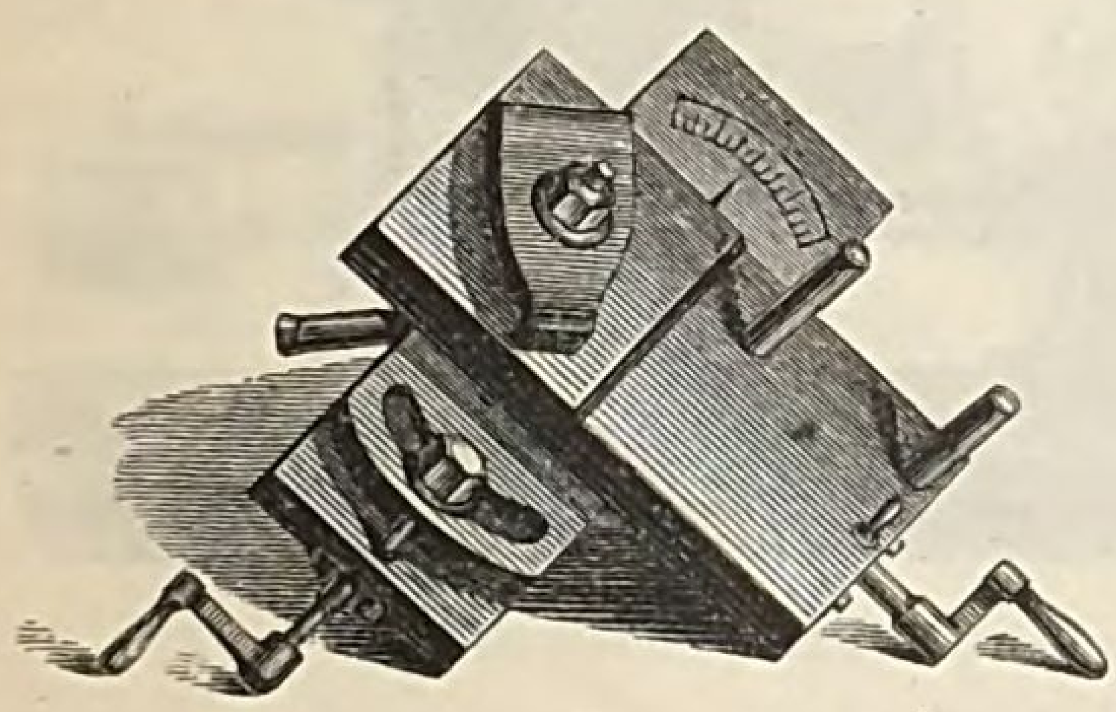
Ist diese Schneide schmal und breiter als die ihr parallele stumpfe Kante (Fig. 68), so wird ein solcher Stahl zum Abstichstahl. Beim Gebrauche ist es nöthig, den Stahl fortwährend etwas hin und her zu bewegen, damit die ausgedrehte Rinne, wenn auch nur wenig breiter ausfalle als der Stahl, da sich dieser sonst leicht »fängt«, d. h. hängen bleibt und abbricht.

Die Ausdrehstähle, deren Form man sich zweckmäßig dem gerade beabsichtigten Zwecke entsprechend neu bildet, erhalten eine seitliche, etwas vorstehende Schneide, entweder gerade oder in Bogenform (Halbmondstähle). Für tiefe Ausarbeitung einer inneren Fläche dienen kurz rechtwinkelig umgebogene Stähle, die Hakenstähle, deren

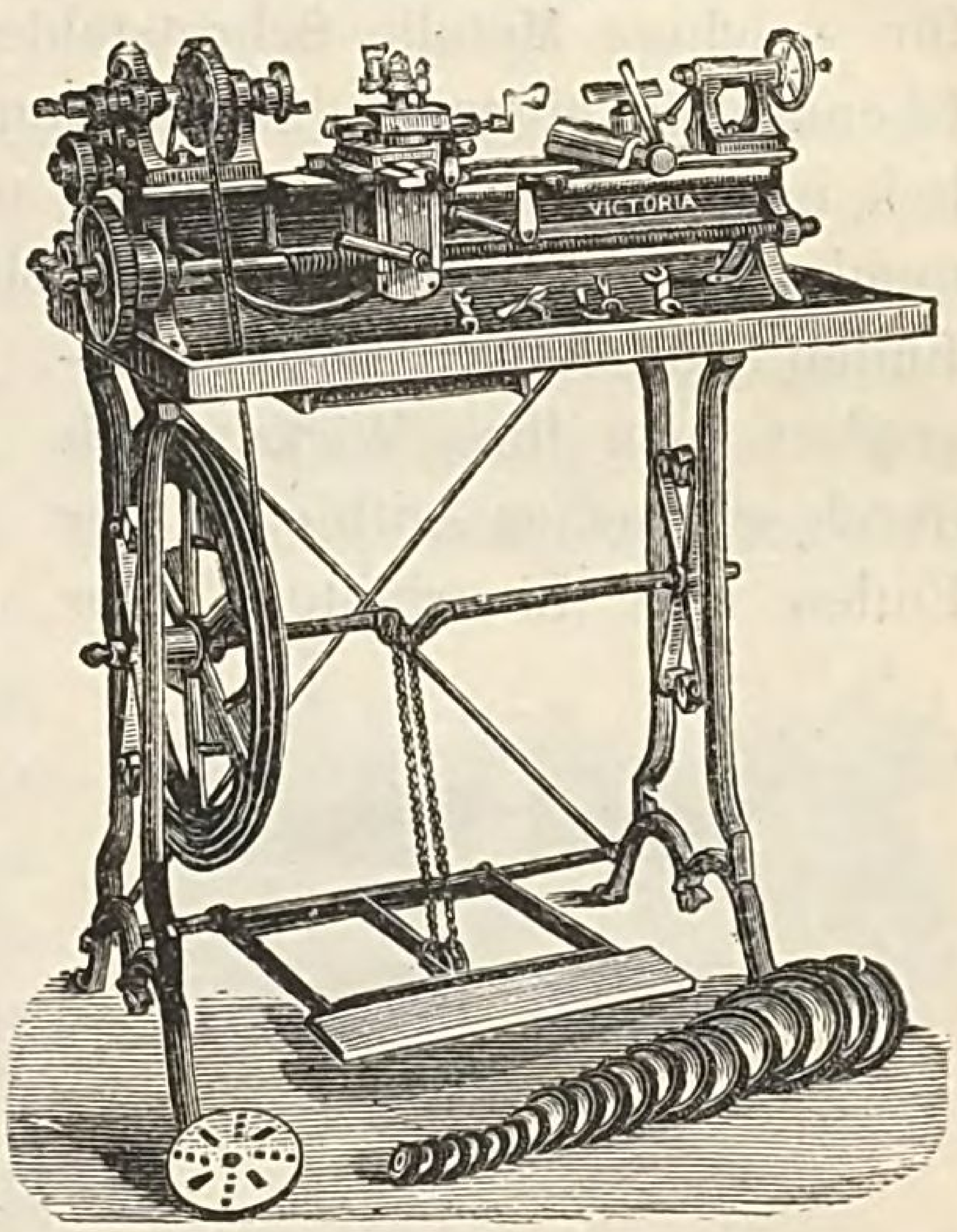
umgebogener Theil entweder mit einer spitzen oder gerundeten Schneide versehen ist.

Haben die abzudrehenden Gegenstände beträchtliche Größe oder soll die Arbeit sehr genau ausfallen, z. B. ein Cylinder oder eine Scheibe ganz exakt abgedreht werden, so ist die Führung des Meißels durch die Hand nicht mehr genügend, man muss eine weitere Vorrichtung hinzunehmen, nämlich den Support (Fig. 70). Derselbe besteht im wesentlichen aus zwei vermittelst Schrauben und Kurbeln senkrecht zu einander verschiebbaren Schlitten, auf deren oberem sich eine starke Schraubenklemme zum Festhalten des Drehstahls befindet. Der Support wird an Stelle der gewöhnlichen Auflage zwischen die Wangen der Drehbank eingesetzt und wie die übrigen verschiebbaren Theile mittels einer unten angebrachten Schraube an der geeigneten Stelle befestigt.

Auf größeren Drehbänken,



70



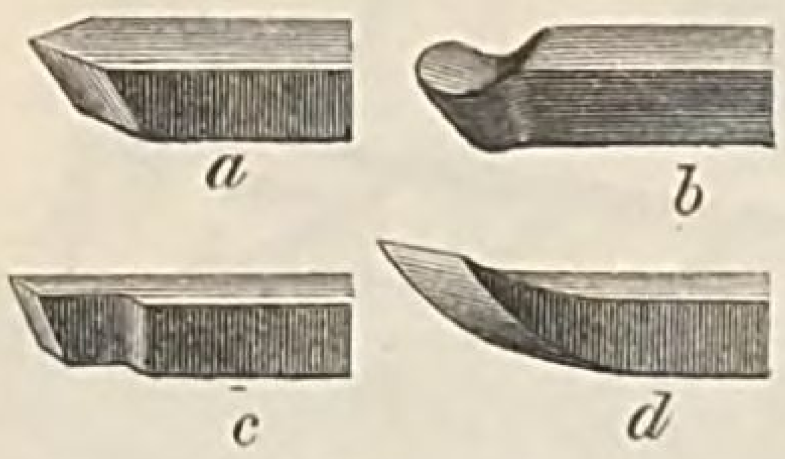
71

Fig. 70—71.

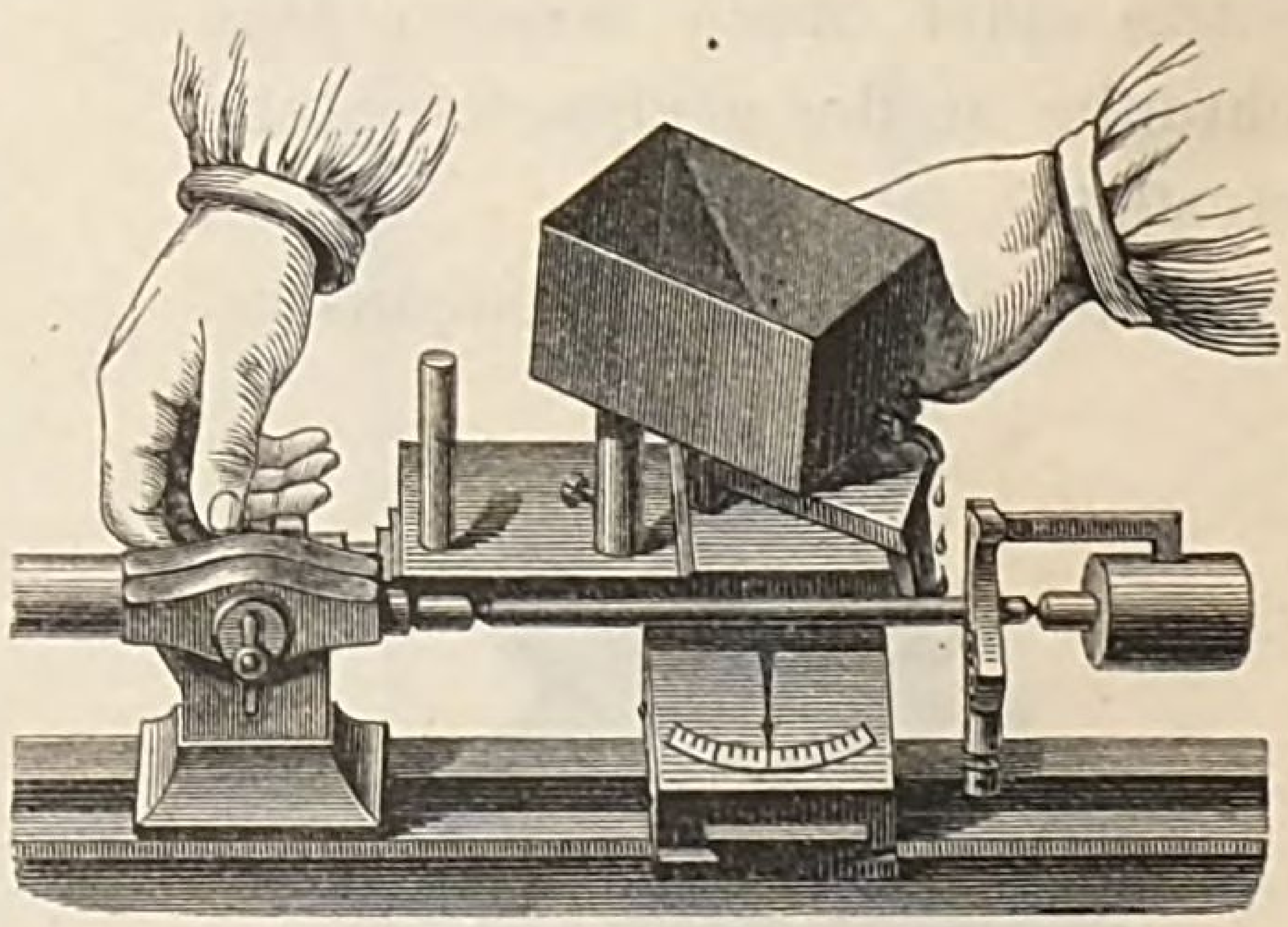
auf welchen längere Walzen u. dergl. abgedreht werden sollen, wird der Support nicht festgestellt, sondern mit einer den Backen parallel laufenden und gleichlangen Schraube, der Leitspindel, in Verbindung gesetzt (Fig. 71), welche ihrerseits durch eine Combination von Zahnrädern, »Wechselräder«, von der Spindel aus in Umdrehung versetzt wird und dadurch den Support langsam und gleichmäßig fortschiebt, so dass man nur das erste Einstellen des Supports von Hand zu besorgen hat. Die Verbindung mit der Leitspindel ist natürlich leicht lösbar, so dass man den Support jederzeit leicht verschieben und an einer andern Stelle anbringen kann. Bei sehr großen Drehbänken geschieht das Verschieben mittels eines kleines Triebes, welcher sich auf einer der Leitspindel parallelen Zahnstange abwälzt. Für Anfertigung physikalischer Apparate werden diese Vorrichtungen selten gebraucht und sind sogar zuweilen hinderlich. Namentlich darf der Support nicht so angebracht sein, dass man ihn nur mit Schwierigkeit oder gar nicht entfernen kann.

Beim Eisendrehen ist es nöthig, der Spindel einen sehr langsamen Gang zu geben, da sich sonst die schneidende Spitze zu stark erhitzen und rasch abnutzen würde. Die Spindel erhält deshalb ihre Bewegung nicht direkt vom Schwungrade, sondern von einem zwischengesetzten Vorgelege, welches aber durch Lösen oder Anziehen einer Schraube und Verschieben einer Achse leicht ausgeschaltet werden kann, so dass die Drehbank hierdurch wieder für andere Arbeiten, die rasches Umlaufen der Spindel erfordern, brauchbar ist.

Als Drehstähle benutzt man hauptsächlich Spitzstähle (Fig. 72) mit zwei schrägen, in einer Spitze zusammenlaufenden Schneiden (*a*), oder für weichere Metalle Schrotstähle mit bogenförmiger Schneide (*b*). Zum Ebendrehen einer Endfläche dienen einseitige Stähle (*c*), welche natürlich paarweise vorhanden sein müssen. Alle diese Stähle werden aus quadratischem Gußstahl hergestellt und erhalten zweckmäßig an beiden Enden Schneiden. Häufig vergrößert man ihre Wirksamkeit durch schwaches Aufbiegen der Enden oder Einarbeiten einer



72



73

Fig. 72—73.

seichten Rinne hinter der Schneide, um so den günstigsten Schneid- und Anstellungswinkel zu erzielen (Fig. 72, *b*, *d*). Beim Einspannen des Stahls in den Support legt man einige Blechstücke unter, bis die Schneide etwa 1 mm über der Achse des abzudrehenden Gegenstandes liegt. Jedenfalls darf sie nicht tiefer als die Mitte liegen, da der Stahl sonst leicht zu weit eindringt, sich fängt und entweder selbst abbricht, oder den Gegenstand und die Drehbank beschädigt.

Beim Inwendigdrehen muss die Schneide umgekehrt 1 mm unter der Mitte stehen. Während des Abdrehens von Schmiedeeisen und Stahl lässt man aus einem auf dem Support angebrachten Behälter fortwährend Oel (oder Milch) auf die Schneide des Meißels herabtropfen (Fig. 73), um diese zu kühlen und die Reibung zu vermindern. Tritt dennoch starke Erhitzung ein und entstehen keine langen zusammenhängenden Spähne, so ist der Meißel entweder nicht scharf oder nicht richtig geschliffen, oder schlecht gehärtet.

Sehr unangenehm und störend ist, dass ein Meißel, namentlich beim

Bearbeiten größerer Gegenstände, zuweilen zum Vibriren kommt, wodurch die gedrehte Fläche, statt glatt, geriffelt ausfällt und außerdem ein lästiges, schnarrendes Geräusch entsteht. Meist ist die Ursache die, dass der Meißel zu weit über den Support vorragt, oder dass der Support selbst nicht die genügende Festigkeit gewährt u. dergl. Man hilft sich dadurch, dass man den Meißel anders einspannt und die Umlaufsgeschwindigkeit verkleinert. Zunächst müssen aber die auf dem gedrehten Gegenstande entstandenen Riefen vorsichtig beseitigt werden, da diese immer von neuem wieder Vibrationen erzeugen. Beim Arbeiten mit dem Handstahl hilft man sich einfach durch Unterlegen eines Stückchens Leder unter den Stahl.

Das Einspannen der Gegenstände geschieht am häufigsten zwischen Spitzen, nämlich einer Spitze, welche in die Spindel eingesteckt wird, und der Spitze des Reitnagels. Zu diesem Zwecke müssen die beiden Endflächen des Gegenstandes in der Mitte (d. h. in der Achse) mit kleinen Grübchen versehen werden, in welche diese Spitzen eingreifen. Man erzeugt dieselben mittels des bereits früher beschriebenen Körners, welcher an der betreffenden Stelle aufgesetzt und mittels einiger Hammerschläge etwas eingeschlagen wird. Bei schweren Arbeitsstücken vertieft man die Grübchen noch mittels eines Bohrers. Um nun die Drehung der Spindel auf den Gegenstand zu übertragen, wird an letzteren eine herzförmige Schraubenklemme, das Herz, angeschraubt, an die Spindel ein Kopf oder eine Scheibe mit vorstehendem Stift, Mitnehmer genannt, welcher gegen die stielförmige Verlängerung der Klemme anstößt, und also beim Umlaufen diese und somit auch den Gegenstand mitnimmt (Fig. 74).

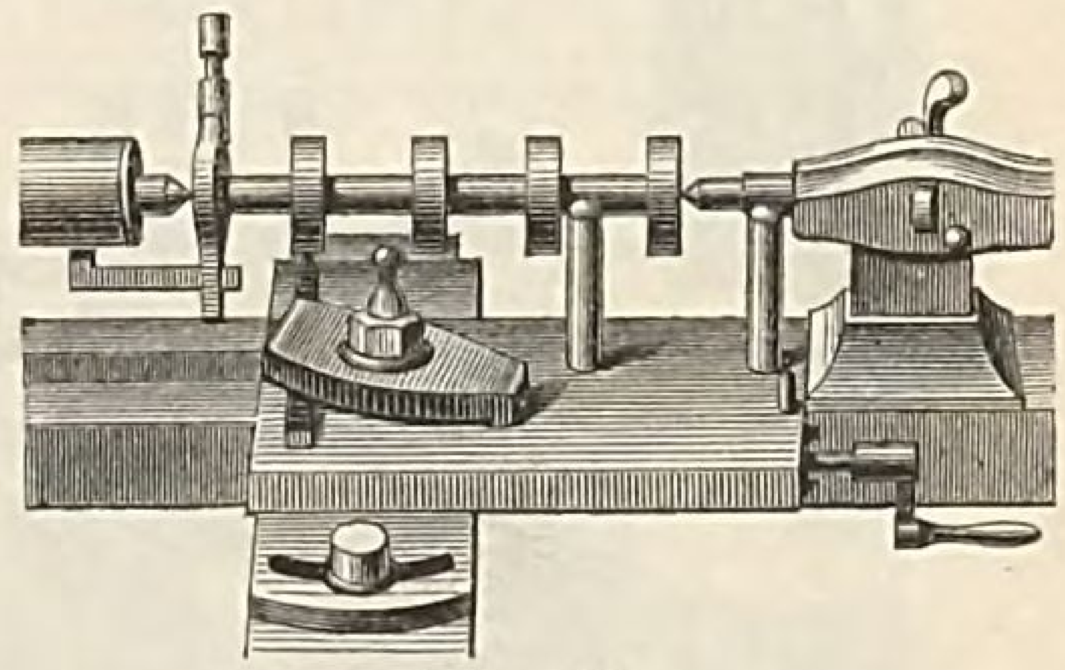


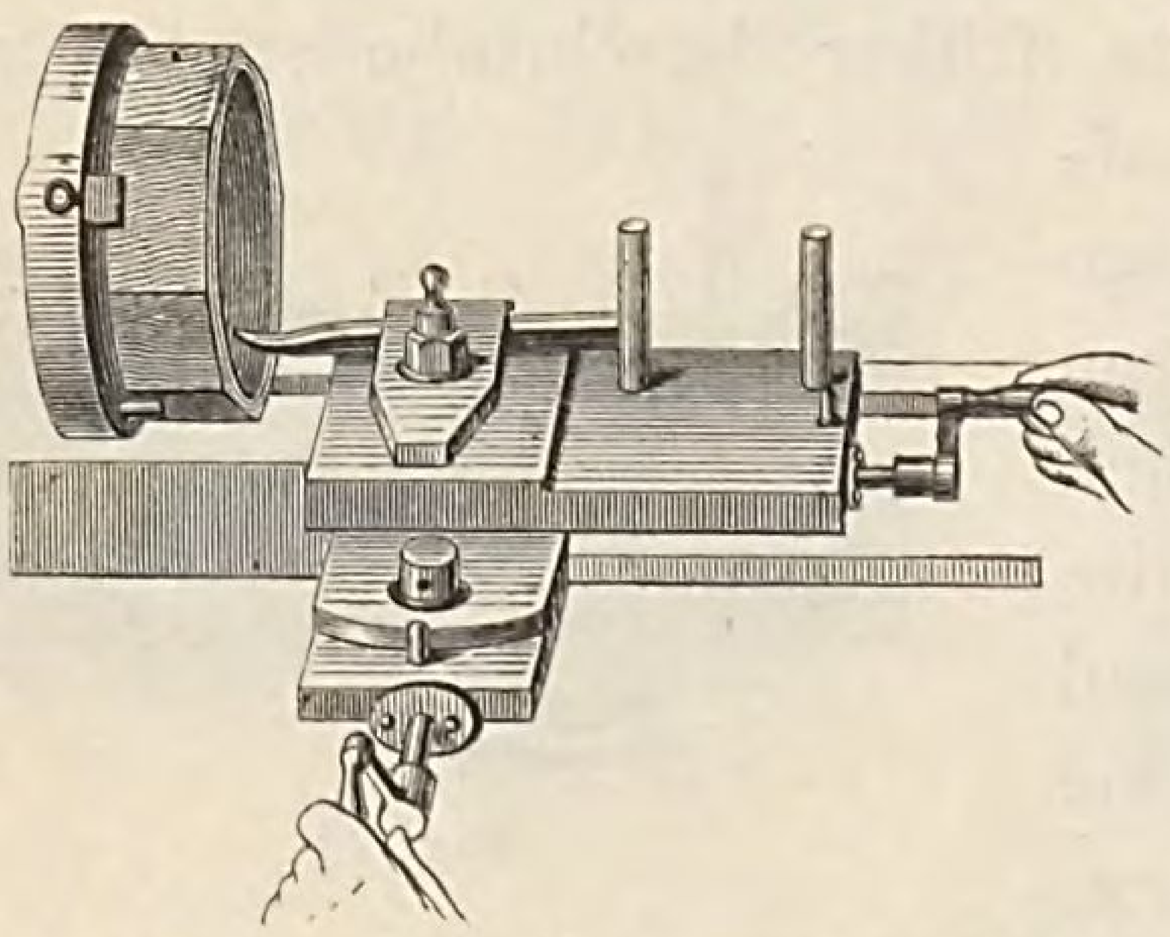
Fig. 74.

Einen hohlen Gegenstand treibt man auf einen schwach conischen Stahlstab von entsprechendem Durchmesser, einen Dorn, der seinerseits zwischen Spitzen eingespannt wird. Für größere Gegenstände hat man expandirbare Dorne, die aus einzelnen Theilen zusammengesetzt sind und sich so auftreiben lassen, dass sie sich einer beliebig weiten Höhlung anschmiegen. Oft behilft man sich auch mit hölzernen Dornen, die statt zwischen Spitzen zuverlässiger mittels eines Hohl- oder Schraubenfutters befestigt werden. Namentlich gilt dies von Gegenständen, die mit einem Gewinde versehen sind, da man einen Dorn aus Holz oder Messing leicht mit einem entsprechenden Gewinde versehen und so den Gegenstand ohne jede Aenderung oder Verletzung befestigen kann. Ebenso kann man Gegenstände mit äußerem Gewinde in ein entsprechend gedrehtes hölzernes oder messingenes Hohlfutter einschrauben, gewöhnlich

in ein Stück Holz oder Messing, welches selbst wieder in einem geeigneten Futter befestigt ist.

Flache Scheiben werden auf Holzscheiben mit Siegellack oder Schellack aufgekittet (Fig. 75) oder sicherer auf eine Messingscheibe — Löthscheibe — aufgelöthet. Ist die eine Seite eben gedreht, so löst (löthet) man wieder ab und kittet nun die gedrehte Seite auf.

Ist die Scheibe mit einer Bohrung versehen, welche genau in den Mittelpunkt gebracht werden soll, so centrirt man mit Hülfe der Reitstockspitze, während der Kitt noch weich ist. Ist die Bohrung sehr fein und leicht zu beschädigen, so hält man ein zugespitztes Stäbchen (Putzholz) gegen dieselbe und lässt umlaufen. Das Stäbchen wirkt dann als Fühlhebel, indem das längere Ende beträchtlich hin und her schwankt, auch wenn die Bohrung nur wenig excentrisch ist, falls man dasselbe hinreichend nahe der Spitze hält. Man verschiebt die Platte so lange, bis dieses Schwanken beseitigt ist, wobei man, falls es nöthig ist, den Kitt durch Erwärmen wieder etwas erweicht.


75

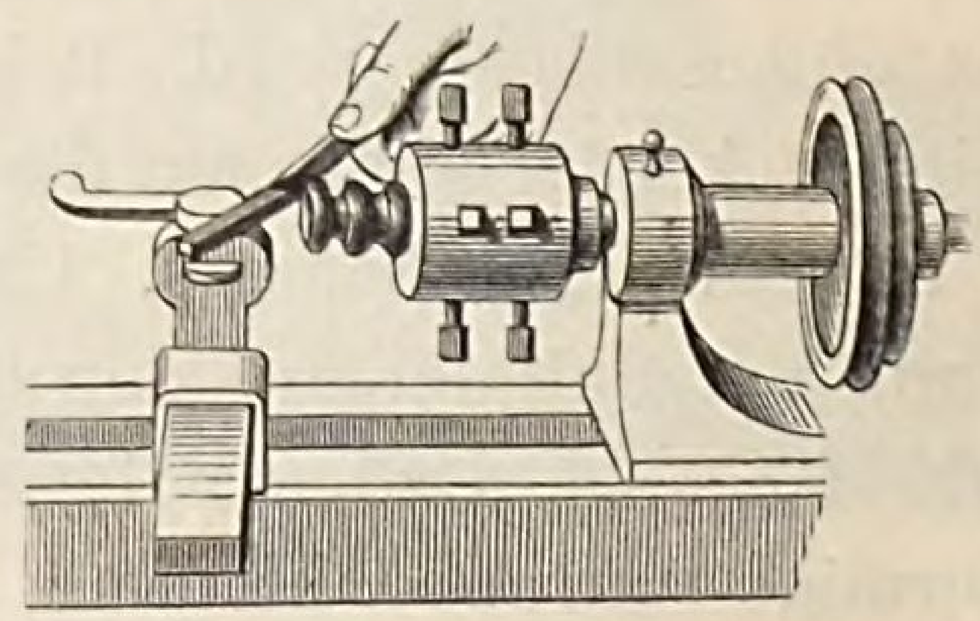

76

Fig. 75—76.

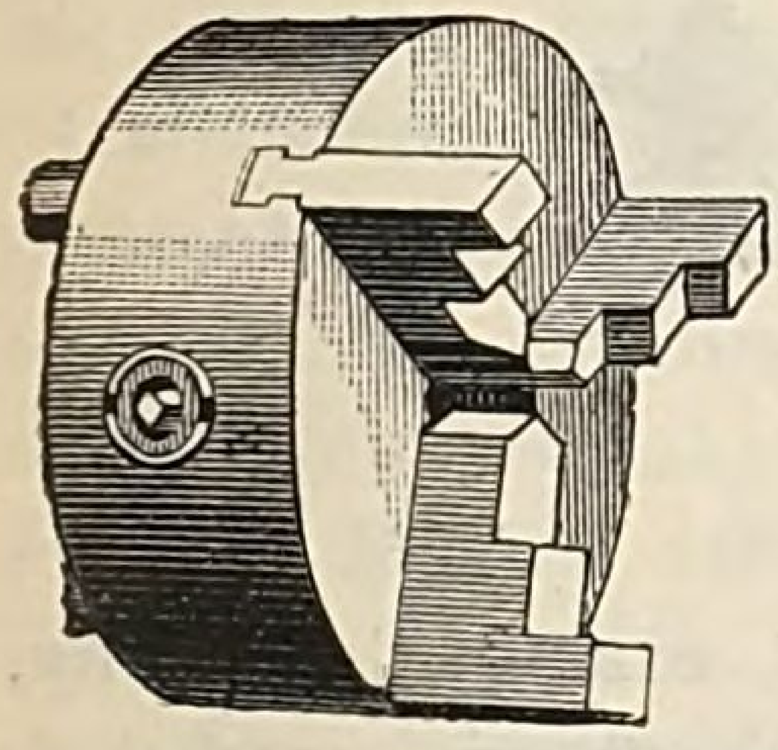
Größere stabförmige Körper, welche an einer Endfläche zu bearbeiten sind, werden in ein Schraubenfutter mit zwei oder acht Schrauben (Fig. 76) eingeklemmt. Solche Schraubenfutter halten den Gegenstand sehr zuverlässig fest, bereiten aber dem Ungeübten viele Mühe in Folge der umständlichen Centrirung. Am leichtesten erreicht man diese durch Vergleichen mit der Stellung der nahegerückten Reitnagelspitze oder der Auflage, oder auch durch Visiren nach einer Wangenkante.

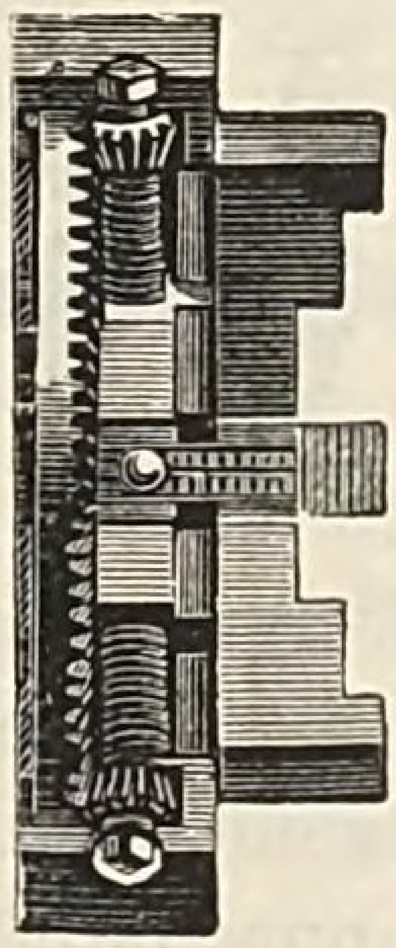
Größere plattenförmige Körper werden auf eine sogenannte Planscheibe befestigt. Dieselbe ist eine gusseiserne Scheibe, welche auf die Spindel der Drehbank aufgeschraubt werden kann, und mit vier oder mehr radialen Schlitzen versehen ist, in denen sich Backen verschieben lassen, die durch Schrauben an den Gegenstand angepresst werden können.

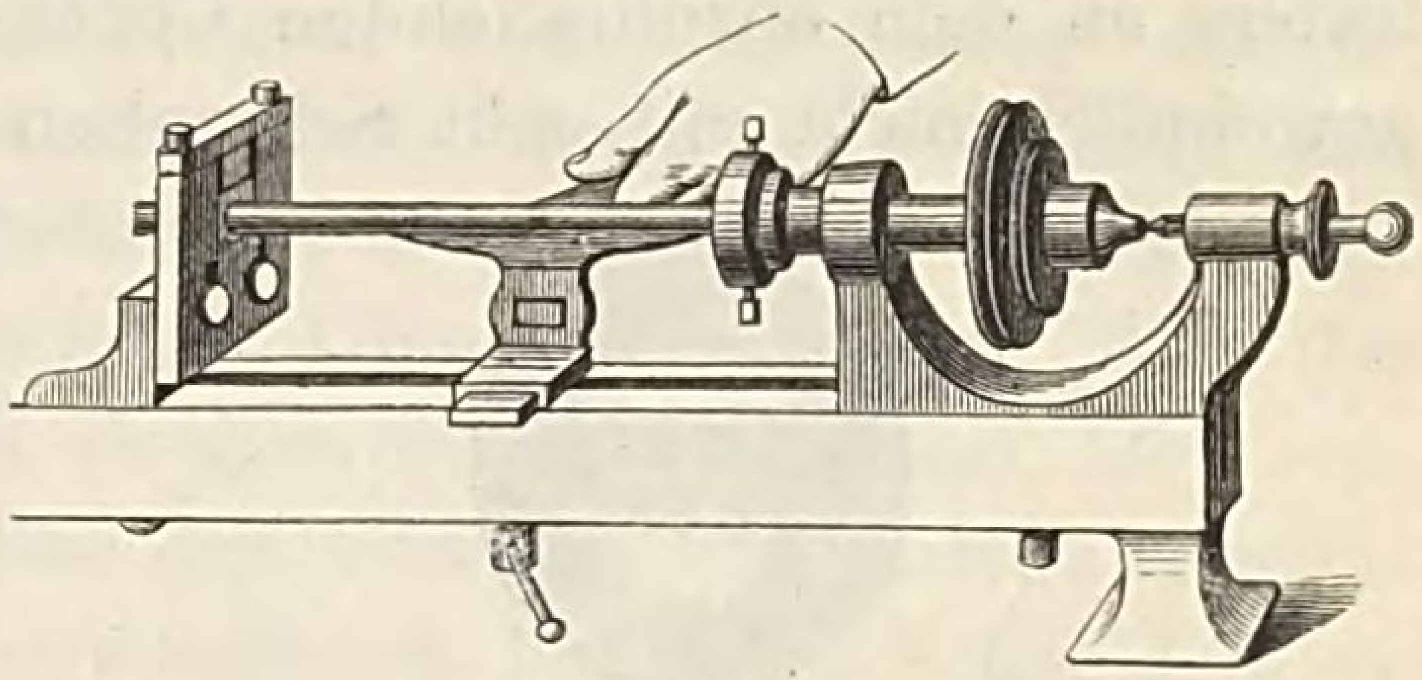
Sehr bequem zum Einspannen cylindrischer Gegenstände sind die

selbst centrirenden Futter (Fig. 77, 78 u. Taf. XIII), welche gewöhnlich so eingerichtet sind, dass sowohl hohle wie massive Gegenstände darauf aufgespannt werden können. Man erspart damit außerordentlich viel Zeit, ja man kann wohl sagen, dass sie für denjenigen, der nicht große Uebung im Centriren besitzt, ganz unentbehrlich sind. Selbst sehr dünne Cylinder, Drahtstücke u. dergl. können mit Leichtigkeit sofort centrisch eingespannt werden, allerdings nicht absolut centrisch, wohl aber für die meisten Arbeiten genügend.

Lange cylindrische Stäbe würden sich beim Abdrehen in der Mitte durchbiegen. Man führt sie deshalb durch eine Lunette (Brille) (Fig. 79), welche zweckmäßig unmittelbar hinter dem Drehstahl auf dem Support befestigt wird und mit diesem fortschreitet. Desgleichen verfährt man, wenn das freie Ende eines solchen langen Cylinders zu bearbeiten ist.


77


78


79

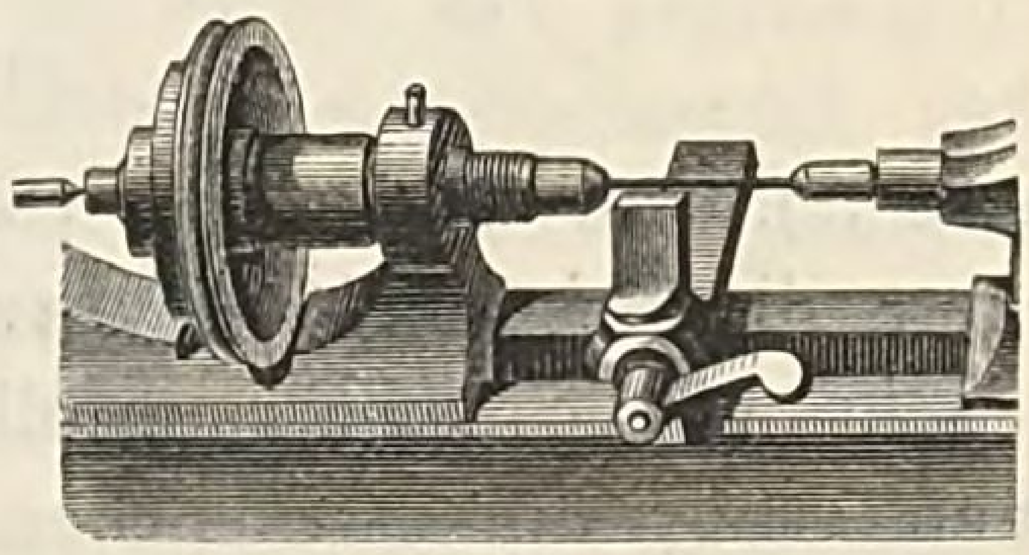
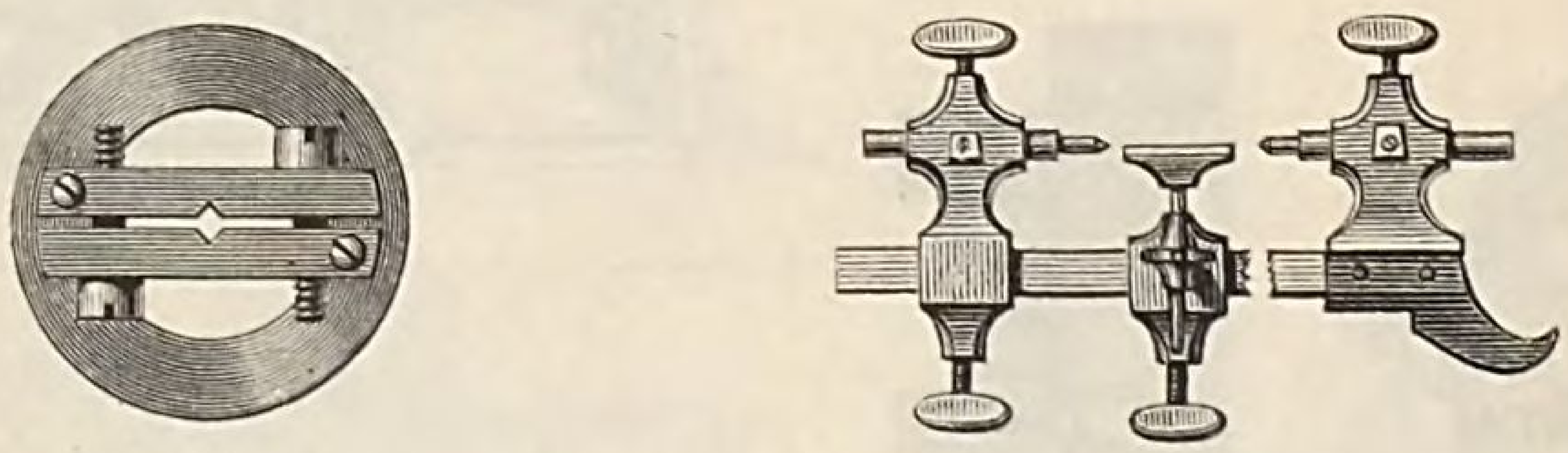

80

Fig. 77—80.

Stäbe, welche beiderseits conisch zugespitzt sind, befestigt man, statt zwischen Spitzen, zwischen Pinnen mit kleinen Grübchen, Trichterspitzen genannt. Bei dünnen Drähten ist dabei Herz und Mitnehmer entbehrlich, wenn man die Pinnen an der Spindel durch eine solche mit viereckigen oder sternförmigen Grübchen ersetzt und das Drahtende entsprechend conisch zufeilt (Fig. 80). Wie bei der Einspannung zwischen Spitzen, muss auch hier die Reitnagelpinne während der Arbeit genügend geölt werden. Gleiches gilt von allen Stellen der Drehbank, an welchen Reibung auftritt, so namentlich für die Lager der Spindel und Schwungradwelle und den Haken der Trittstange. Durch häufiges Oelen und Reinhalten dieser Stellen schont man die Drehbank und erleichtert sich sehr die Arbeit.

Zweckmäßig verwendet man eine kleinere und eine größere Oelkanne, oder an Stelle der ersteren ein Schälchen mit Stäbchen oder Pinsel.

Sehr kleine Stücke, wie sie namentlich bei der Herstellung von Uhrwerken nöthig sind, und überhaupt solche, die mit äußerster Exaktheit hergestellt werden sollen, können nicht auf der gewöhnlichen Drehbank bearbeitet werden. Es würde das erfordern, dass die Achse der Drehbankspindel und die Achse des abzudrehenden Körpers genau in eine Linie fallen, eine Bedingung, die nie vollkommen genau zutrifft. Man verzichtet daher in solchem Falle auf die Drehbankspindel gänzlich und schiebt die Rolle, mittels welcher der Körper in Umdrehung versetzt werden soll, unmittelbar auf diesen selbst auf, so dass er nun gleichzeitig als Spindel fungirt und folglich zwischen ruhende (todte) Spitzen (nämlich diejenige des Spindelstockes und die des Reitstockes) eingesetzt ist. Die centrische Befestigung der Rolle (Schraubrolle) auf den Körper geschieht in derselben Weise wie die Befestigung eines Drehbankfutters an dem abzudrehenden Gegenstand, nur sind die Schraubrollen gewöhnlich nicht mit acht Schrauben versehen, wie im Drehbankfutter,



81 82

Fig. 81—82.

sondern nur mit drei oder vier, da eine äußerst exakte Centrirung, falls nur die Schnur hinreichend nachgiebig ist, überflüssig erscheint. Eine sehr einfache Schraubrolle mit nur zwei Schrauben, zum Einspannen sehr dünner Stäbchen bestimmt, zeigt Fig. 81. Für größere Stücke könnte man sich ein gewöhnliches Drehbankfutter am Rande mit einer Rinne versehen, etwa einen Holzring aufkitten und ausdrehen, doch dürfte eine solche Vorrichtung sehr selten nöthig sein.

Auch das Gestell der Drehbank muss zum Drehen zwischen todten Spitzen etwas umgeändert werden, indem man den Spindelstock durch einen zweiten Reitstock ersetzt. Da nun solche Arbeiten fast ausschließlich bei kleinen Gegenständen vorgenommen werden, so gebraucht man in der Regel eine besondere kleine Drehbank (Fig. 82), Drehstuhl genannt, welche vermittelst eines Ansatzes im Schraubstock befestigt wird und mit zwei gleich gestalteten verschiebbaren Docken versehen ist. In diese können verschiebbare gewöhnliche Spitzen oder auch Trichterspitzen eingesetzt werden, so dass es möglich ist, sowohl Gegenstände mit angekörnten Endflächen, als auch solche mit conisch spitz zulaufenden Enden einzuspannen. Die Umdrehung erfolgt gewöhnlich nicht mit Hülfe eines Schwungrades, wie bei der Drehbank, sondern vermittelst eines Fiedelbogens, wie er auch zur Umdrehung der Bohrrolle dient,

in einfacher Weise aus einem Stück Fischbein oder spanischem Rohr und einer Saite verfertigt. Die Anwendung desselben ist aus dem Grunde zweckmäßiger als die des Schwungrades, weil solche feine Arbeiten große Aufmerksamkeit verlangen und somit auch die Möglichkeit, die Bewegung völlig zu beherrschen und etwa auftretende Widerstände sofort zu fühlen. Sie erfordert allerdings, dass man im stande sei, die eine Hand ganz unabhängig von der andern arbeiten zu lassen, eine Fertigkeit, die natürlich nur durch genügende Uebung zu erlangen ist.

Zur Prüfung, ob der abgedrehte Körper wirklich gut rund ist, dient in bekannter Weise der Fühlhebel.

7. Holzbohren.

Zum Ausdrehen tiefer enger Höhlungen, d. h. zum Bohren können die gewöhnlichen Ausdrehmeißel keine Anwendung mehr finden, weil der Hebelarm, auf welchen das Arbeitsstück wirkt, zu lang und dadurch die Führung unsicher würde. Man muss daher dafür sorgen, dass der Stahl, Bohrer genannt, noch einen zweiten Stützpunkt finde oder wenigstens einen Stützpunkt in der Nähe der Schneide. Außerdem versieht man ihn in der Regel mit zwei symmetrisch liegenden Schneiden, so dass deren Wirkungen auf die Richtung des Stahls sich gegenseitig aufheben. Endlich läßt man gewöhnlich nicht das Arbeitsstück auf der Drehbank umlaufen, sondern den Bohrer, und drückt das Arbeitsstück dagegen oder man setzt den Bohrer überhaupt nicht mit der Drehbank, sondern einfach mit der Hand in Umdrehung.

Die erwähnte Stütze des Bohrers in der Nähe der Schneide wird gebildet durch die Spitze desselben, welche sich zunächst in das Material eindrückt. Auch die Wandung des gebohrten Loches selbst bildet eine Führung, wenn man den Stahl so dick nimmt, dass er das Loch gerade ausfüllt. Allerdings darf er in diesem Falle nicht massiv cylindrisch sein, da sonst die Bohrspähne nicht entweichen können, sondern es werden den Schneiden entsprechend zwei tiefe spiralige Furchen eingeschnitten, so dass der Stahl die Form einer spiralig gedrehten Lamelle erhält. Für kleine tiefe Löcher, die auf der Drehbank hergestellt werden, eignen sich sehr gut die im folgenden Kapitel beschriebenen Spiralbohrer, welche speziell für Metallarbeiten bestimmt sind.

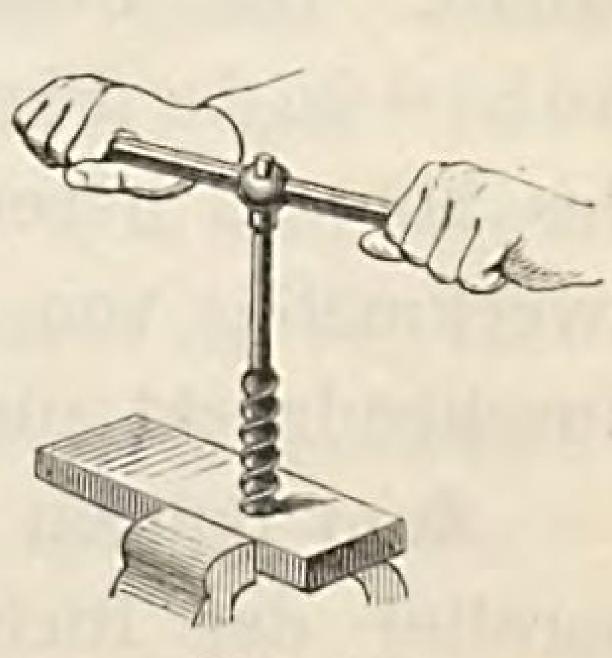
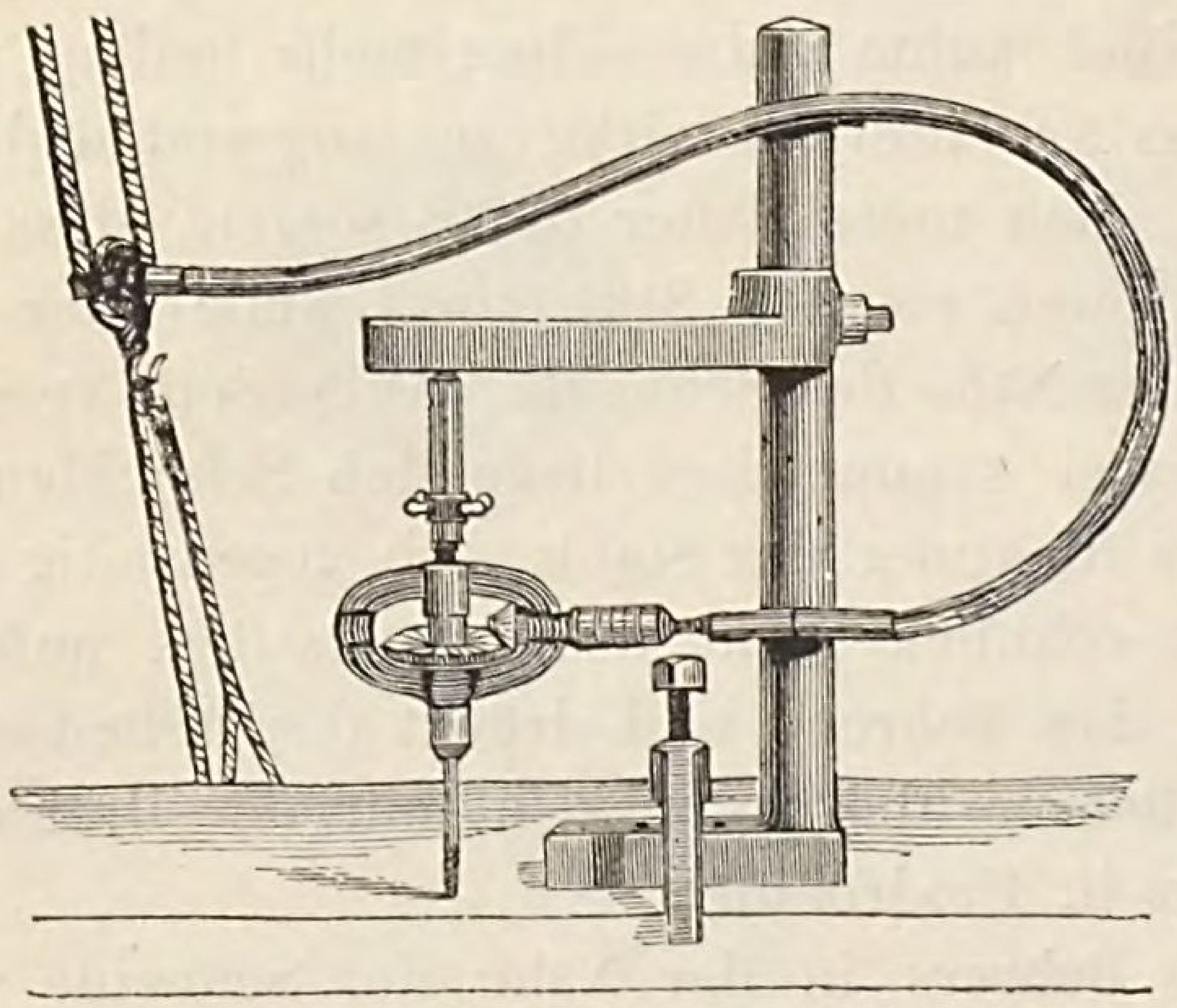


Fig. 83.

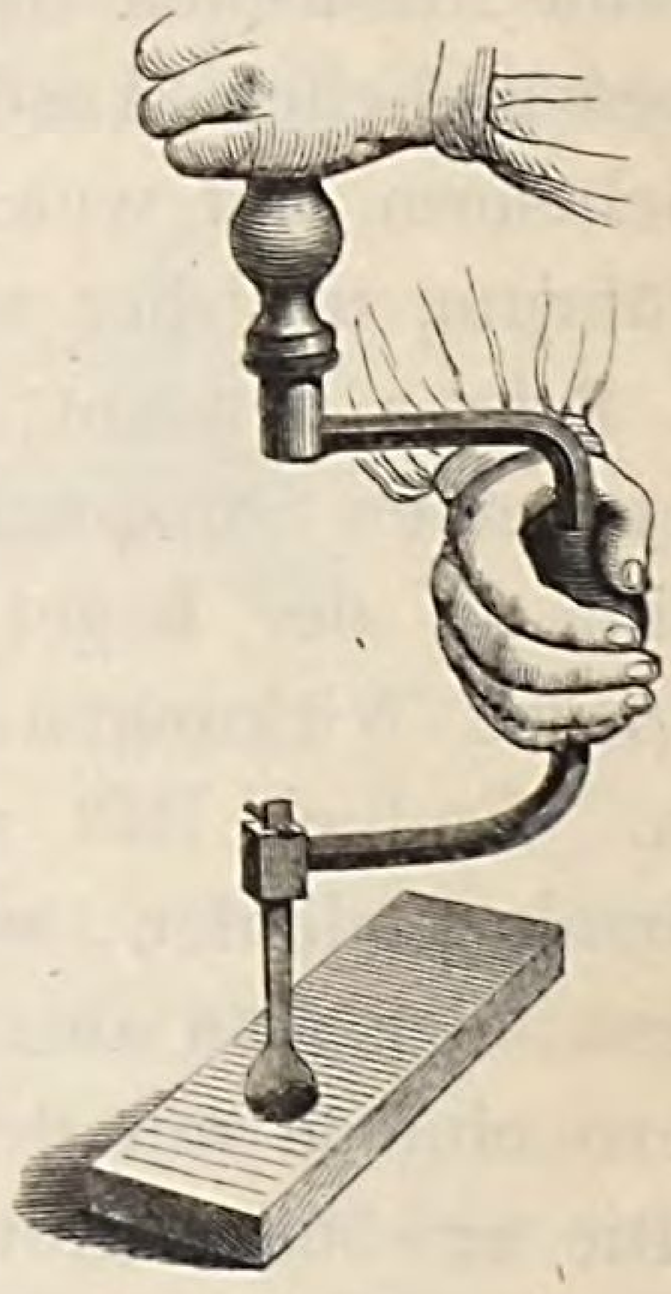
Für größere tiefgehende Löcher verwendet man die Schraubenbohrer (Fig. 83). Dieselben sind am Ende mit einem viereckigen Zapfen versehen und werden mittels eines hierauf passenden sogenannten Wendeeisens, d. h. einer mit einem entsprechenden viereckigen Loch

versehenen Eisenstange oder auch mit einem passenden Schlüssel, Feilkloben u. dergl. umgedreht. Da man nicht wohl mit der Hand den nöthigen Druck ausüben kann, erhält die Spitze ein Schraubengewinde, welches sich in das Material einpresst und den Bohrer kräftig nachzieht. Häufig werden diese Bohrer auch von der Drehbank aus mittels einer biegsamen Welle in Bewegung gesetzt (Fig. 84), so dass die Arbeit rascher von statten geht, als mit der Hand, und man dennoch in jeder beliebigen Richtung bohren kann.

Größere, nicht tiefgehende Löcher werden mittels des einfachen Centrumbohrers gebohrt. Derselbe ist nur mit einer Schneide versehen und auf der entgegengesetzten Seite mit einem etwas weiter vorragenden, der Achse parallelen Messerchen, welches die Fasern zunächst abschneidet, ehe sie durch die Schneide losgerissen werden, damit kein



84



85

Fig. 84—85.

Einreißen möglich wird und somit das Loch einen glatten scharfen Rand erhält. Die Umdrehung erfolgt gewöhnlich mittels einer sogenannten Bohrwinde (Fig. 85). Ist das Loch nahezu fertig, d. h. dringt die Spitze des Bohrers bereits auf der Rückseite des Loches heraus, so bohrt man zweckmäßig von dieser Seite entgegen, da andernfalls leicht der Bohrer durchgedrückt und dadurch größere Spähne abgerissen werden.

Zum Bohren gut cylindrischer tiefgehender Löcher in weichem Holz parallel der Richtung der Fasern dienen die Löffelbohrer (Fig. 86), welche ebenfalls nur mit einer Schneide versehen sind. Ebenso wie die Centrumbohrer müssen sie zeitweise aus dem Loche herausgezogen werden, so oft sich zu viel Spähne angesammelt haben. Man gebraucht diese Bohrer namentlich zum Ausbohren sehr langer enger Röhren, z. B. Pfeifenröhren. Der Stiel ist dann sehr lang und wird von einem gleichfalls sehr langen Heft oder Futter, welches auf die Drehbankspindel

aufgeschraubt wird, gehalten und zwar so, dass zu Anfange nur ein kleines Stück des Bohrers aus dem Heft hervorragt. In dem Maße als die Arbeit fortschreitet, zieht man den Bohrer mehr und mehr aus dem Hefte heraus.

Auch zum Erweitern größerer, schon gebohrter Löcher dienen ähnliche, schlank conisch geformte Bohrer dieser Art, welche das Loch entsprechend conisch gestalten und so insbesondere zur Aufnahme von Zapfen geeignet machen, daher auch Zapfenbohrer (Fig. 87) genannt. Ist ein Loch mittels des Centrumbohrers zu erweitern, so treibt man zunächst einen Pflock hinein, welcher dasselbe ganz ausfüllt, so dass nun die Arbeit dieselbe ist, als hätte man ein ganz neues Loch zu bohren. Ist ein Loch zu bohren, welches nur bis zu gewisser Tiefe weit ist und sich dann plötzlich verengt, so bohrt man natürlich zuerst den weiten Theil und dann den engen, nicht umgekehrt. Ist das engere Loch bereits vorhanden, so kann man entweder einen Pflock einsetzen oder einen Centrumbohrer verwenden, der an Stelle der Spitze einen dem Loche einpassenden cylindrischen Zapfen besitzt.



86 87 88 89

Fig. 86—89.

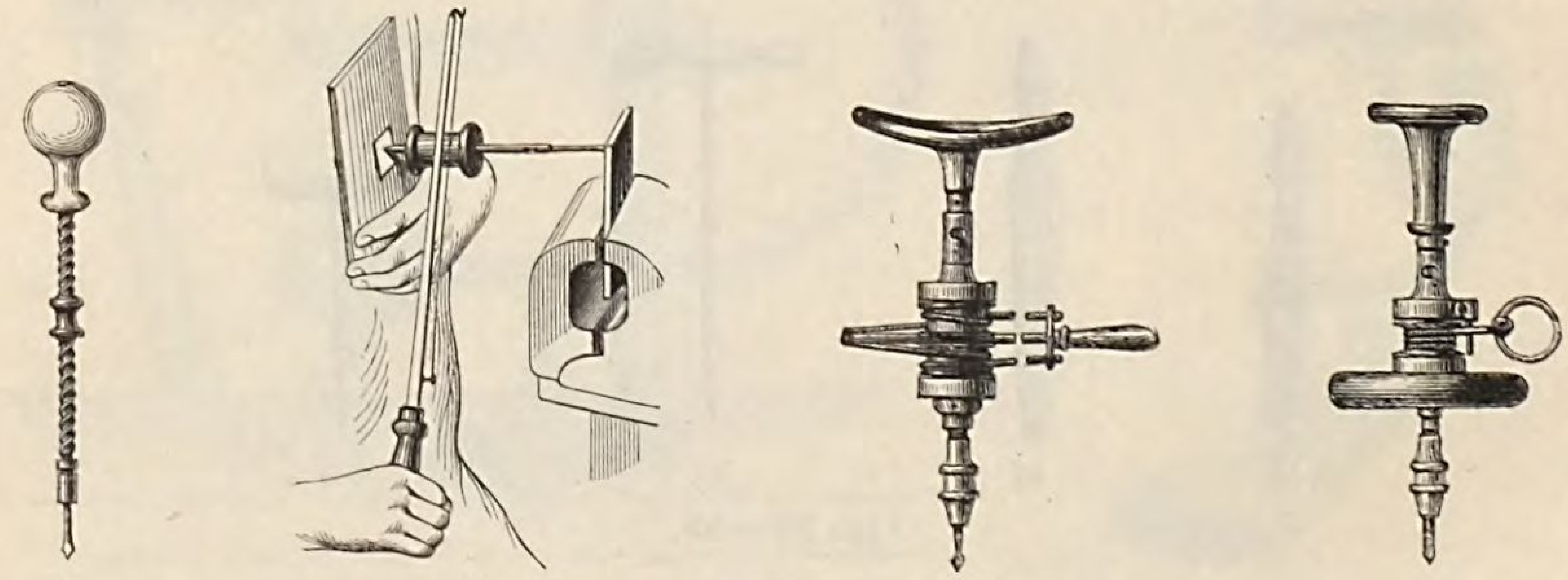
Zur Herstellung sehr enger, nicht tiefgehender Löcher, welche nicht auf der Drehbank gebohrt werden können, dienen die Nagelbohrer (Fig. 88, 89), unter welchen namentlich die steirischen Schneckenbohrer (Fig. 88) gut wirken. Immerhin zerspringen die Bretter leicht, wenn mittels eines solchen Bohrers in der Nähe des Randes gebohrt wird; wenn möglich, zieht man deshalb einen Metallspiralbohrer vor. Für sehr dünne Bretter, Leder, Pappe u. dergl. genügt auch eine sogenannte Ahle, d. h eine zweischneidige, vierkantige oder runde, in einem Heft befestigte und mit Ansatz versehene Stahlspitze, oder der im folgenden Paragraphen zu beschreibende Drillbohrer (Fig. 90).

8. Metallbohren.

Die einfachsten, nur für kleine Löcher verwendbaren Bohrer sind die zweischneidigen Spitzbohrer. Man fertigt sich dieselben in der Regel selbst aus einem Stückchen Stahldraht an. Die Spitze wird

etwas breit geschlagen, vier symmetrisch gelegene Facetten angefeilt, welche die Schneiden bilden, nun gehärtet und geschliffen. Das andere Ende wird halb eingefeilt, um die Befestigung in der Drillvorrichtung (Fig. 90) zu ermöglichen. Der beim Feilen übrig bleibende Zahn tritt nämlich beim Einstecken des Bohrers in den Kopf der Drillvorrichtung in den daselbst angebrachten Einschnitt vor und legt sich an die Fläche desselben dicht an, so dass ein Verdrehen des Bohrers im Bohrkopf unmöglich ist, wenigstens solange dieser Zahn genügend Widerstand leistet. Man drückt nun das Ganze mit der Hand oder mit der Brust gegen das Arbeitsstück an und schiebt die Mutter längs der Schraubenspindel auf und ab, wodurch letztere in hin- und hergehende Drehung versetzt wird.

Steht hinreichend Raum zu Gebote, so verwendet man statt des Drillbohrers zweckmäßiger die Bohrrolle mit Fiedelbogen (Fig. 91), da sich mittels dieser mehr Kraft ausüben lässt. Die Bohrrolle ist nicht wie der Drillbohrer mit einem breiten Knopf zum Andrücken versehen, sondern mit einer gehärteten conischen Spitze, welche in ein Grübchen


90 91 92 93
Fig. 90—93.

des sogenannten Brustblechs einpasst, das man sich zweckmäßig, wenn mehrere Löcher zu bohren sind, mittels angebrachter Riemen auf der Brust befestigt, sonst nur lose andrückt. Zur Verminderung der Reibung gibt man der Spitze etwas Oel und ebenso auch der Schneide des Bohrers, namentlich wenn in Eisen, Kupfer oder Stahl zu bohren ist. Damit der Bohrer genau am richtigen Punkte in das Arbeitsstück eindringe, muss dort (was auch für alle folgenden Fälle gilt) mittels des Körners ein kleines Grübchen eingeschlagen worden, welches tief genug ist, dem Bohrer für den Anfang eine sichere Führung zu bieten.

Die ungünstige Wirkung dieser zweischneidigen Bohrer ist darin begründet, dass der Schneidwinkel ganz unrichtig ist, so dass ein eigentliches Schneiden überhaupt nicht stattfinden kann. Zweckmäßiger schleift man daher nur zwei Schneiden einseitig und feilt, wenn hartes Eisen gebohrt werden soll, noch hinter denselben eine schwache

Rinne ein, so dass Schneid- und Anstellungswinkel wenigstens annähernd richtige Größe erhalten. Der Winkel der beiden Schneiden miteinander beträgt im günstigsten Falle 110°. Solche Bohrer kommen allerdings nur bei der Drehung in einem Sinne zur Wirkung, während sie sich bei der entgegengesetzten im Bohrloch reiben, was die Arbeit nicht fördert und rasche Abnutzung der Schneiden bedingt. Man hat deshalb auch solche Fiedelbohrer construirt, bei welchen nur Drehung in einem Sinne stattfindet (Fig. 92, 93); wenn es die Umstände zulassen, verwendet man aber in allen Fällen am besten die Drehbank zum Umdrehen der Bohrer, wobei man noch den weiteren Vortheil erzielt, dass das Arbeitsstück mittels der Führungsschraube des Reitnagels, dessen Spitze entfernt (ev. durch eine Platte ersetzt) wird, vorgeschoben werden kann (Fig. 94). Dadurch wird einerseits ein stärkerer oder gleichmäßigerer Druck erzielt, andererseits die unangenehme und ungesunde Pressung der Brust vermieden. Ferner ist ein so gebohrtes Loch, namentlich wenn die Platte auf den Reitnagel gesetzt wird, genau senkrecht zur Fläche, während das Senkrechtbohren mit Hülfe der Handbohrer schon erhebliche Uebung erfordert. Von Zeit zu Zeit wird der Reitnagel zurückgedreht, damit die angesammelten Spähne aus dem gebohrten Loch heraustreten können, und der Bohrer wieder mit einem Tropfen Oel befeuchtet. Letzteres ist insbesondere bei Stahl und Eisen nöthig. Messing und Gusseisen können auch trocken gebohrt werden. Sind Löcher ganz durchzubohren, so legt man, um die Reitstockplatte nicht zu beschädigen, ein dünnes Brettchen zwischen diese und den Gegenstand, welches ausreicht, die Spitze des Bohrers aufzunehmen, wenn sie auf der Rückseite des Gegenstandes heraustritt.

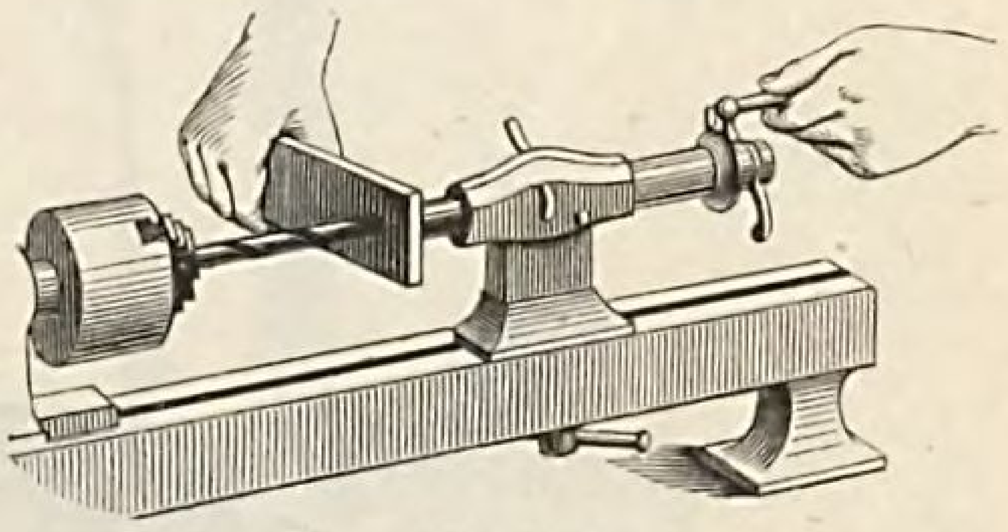
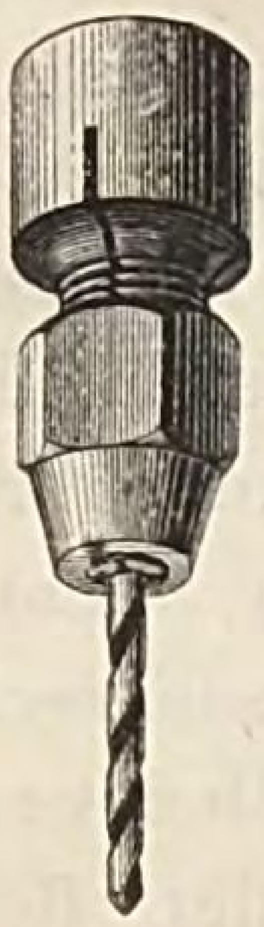


Fig. 94.

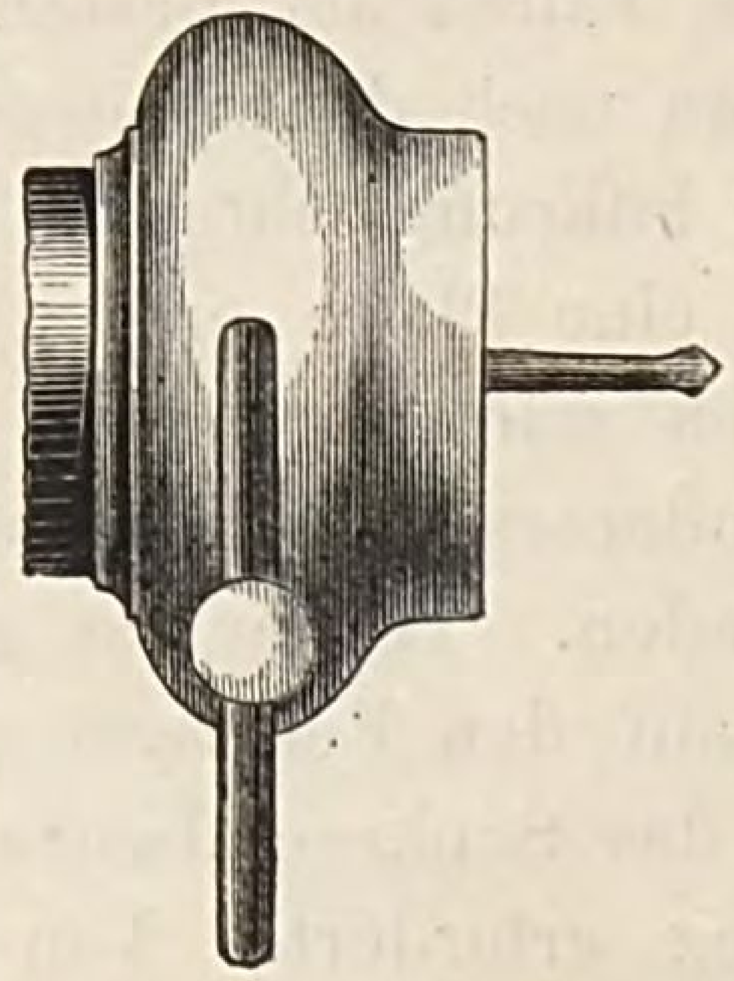
Weit zweckmäßiger als die eben erwähnten und häufig gebrauchten Spitzbohrer sind die amerikanischen Spiralbohrer. Das Schleifen derselben erfordert allerdings einige Gewandtheit, sie liefern aber lange zusammenhängende Spähne, welche bei gleichmäßigem Andrücken des Gegenstandes in Form enggewundener Spiralen aus den beiden Furchen des Bohrers heraustreten, so dass man nur selten oder gar nicht nöthig hat, den Bohrer herauszuziehen und das Loch zu säubern. Die Arbeit geht sehr rasch von statten und die Löcher sind weit schöner cylindrisch als die mittels des Spitzbohrers gebohrten. Außerdem kann ein solcher Bohrer bis zum letzten Stumpf abgenutzt werden und erzeugt dabei immer Löcher von gleichem Durchmesser, so dass man sich die Bohrer numeriren und ohne viel Probiren sofort den richtigen aussuchen kann, während die Spitzbohrer bei jedem Schleifen kleinere Schneiden

erhalten und bald wieder frisch geschmiedet oder durch neue ersetzt werden müssen. Der höhere Preis der Spiralbohrer wird also durch ihre guten Eigenschaften völlig aufgewogen. Allerdings liefern nicht alle Firmen dieselben in gleicher Güte und manche sind kaum brauchbar.

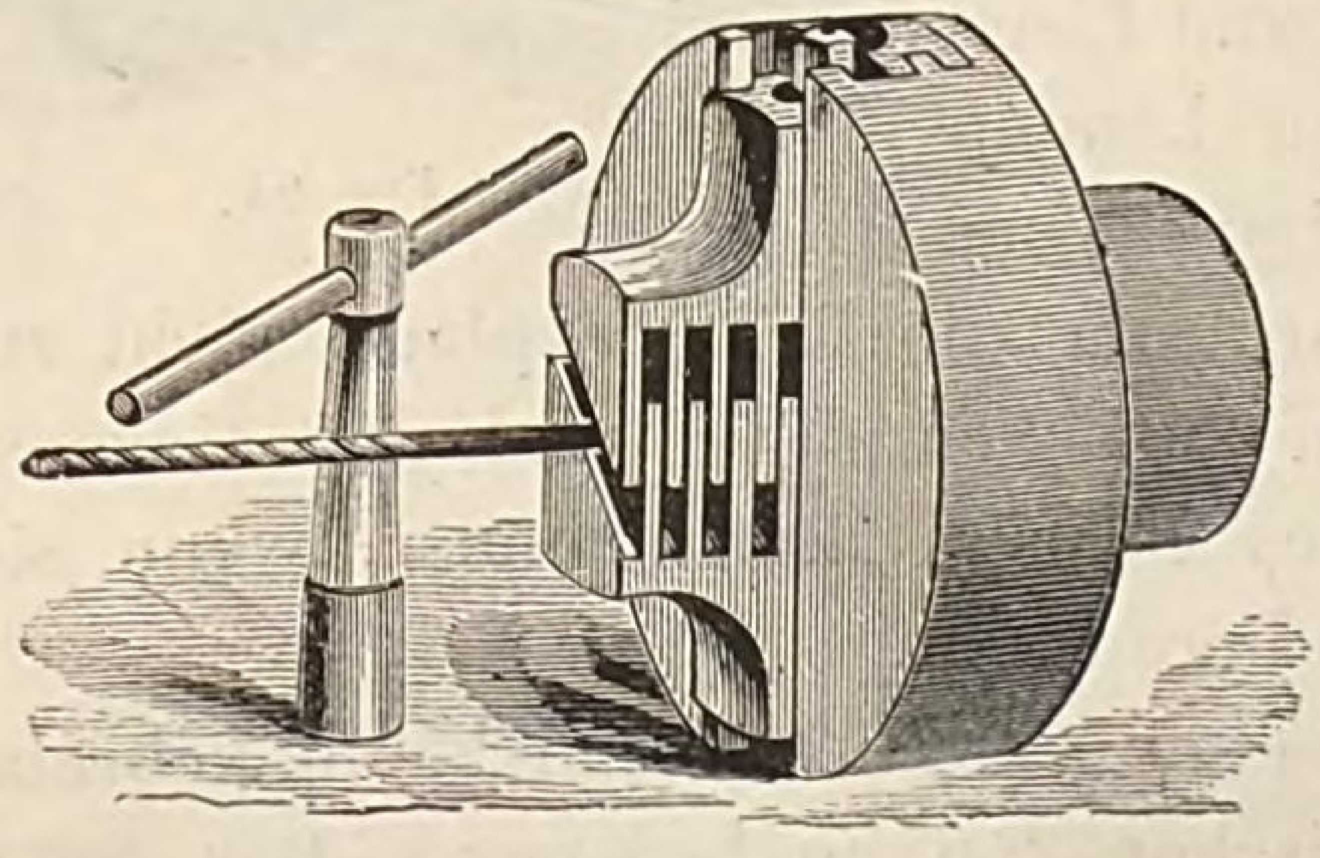
Zum Schleifen dient am besten eine schnell rotirende Schmirgelscheibe, welche von oben gegen den Arbeitenden hinläuft. Der Bohrer wird auf eine Auflage gelegt, am vorderen Ende mit der linken Hand


95


96


97


100


98

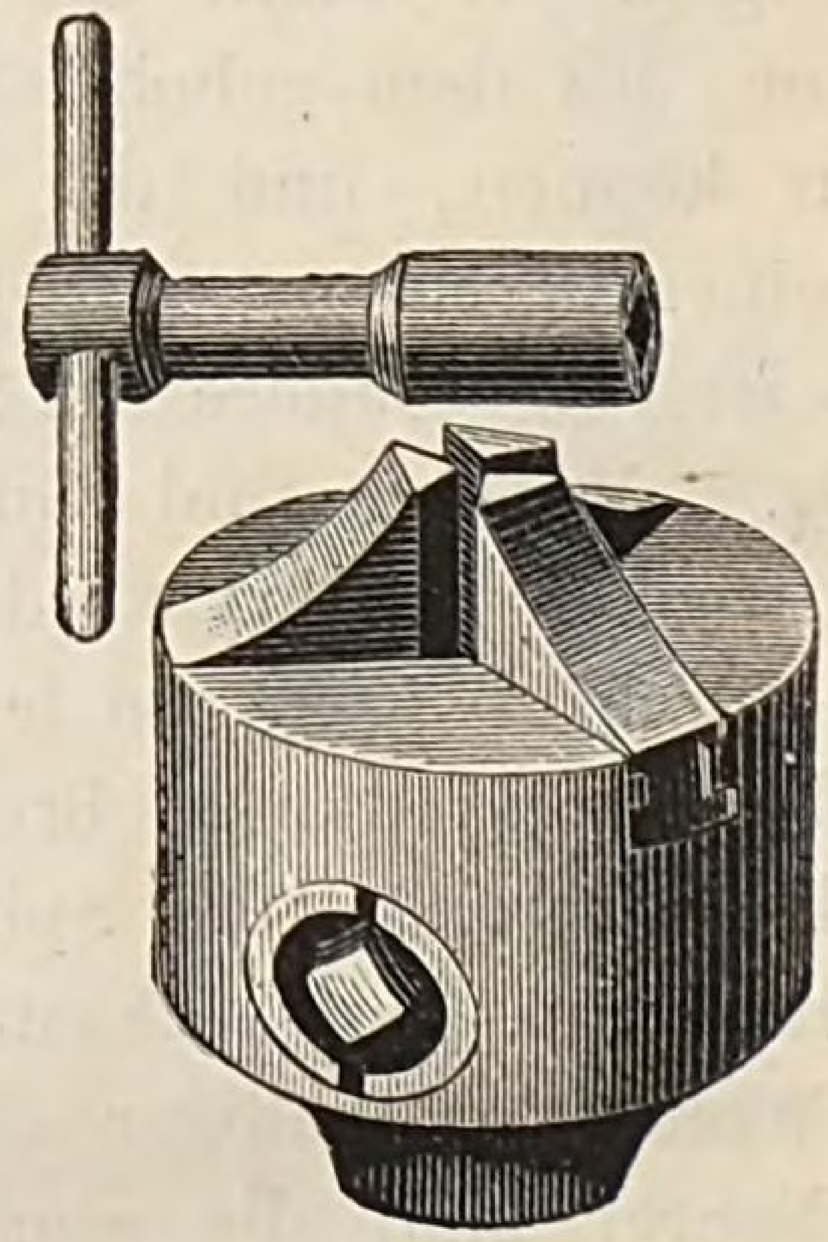

99

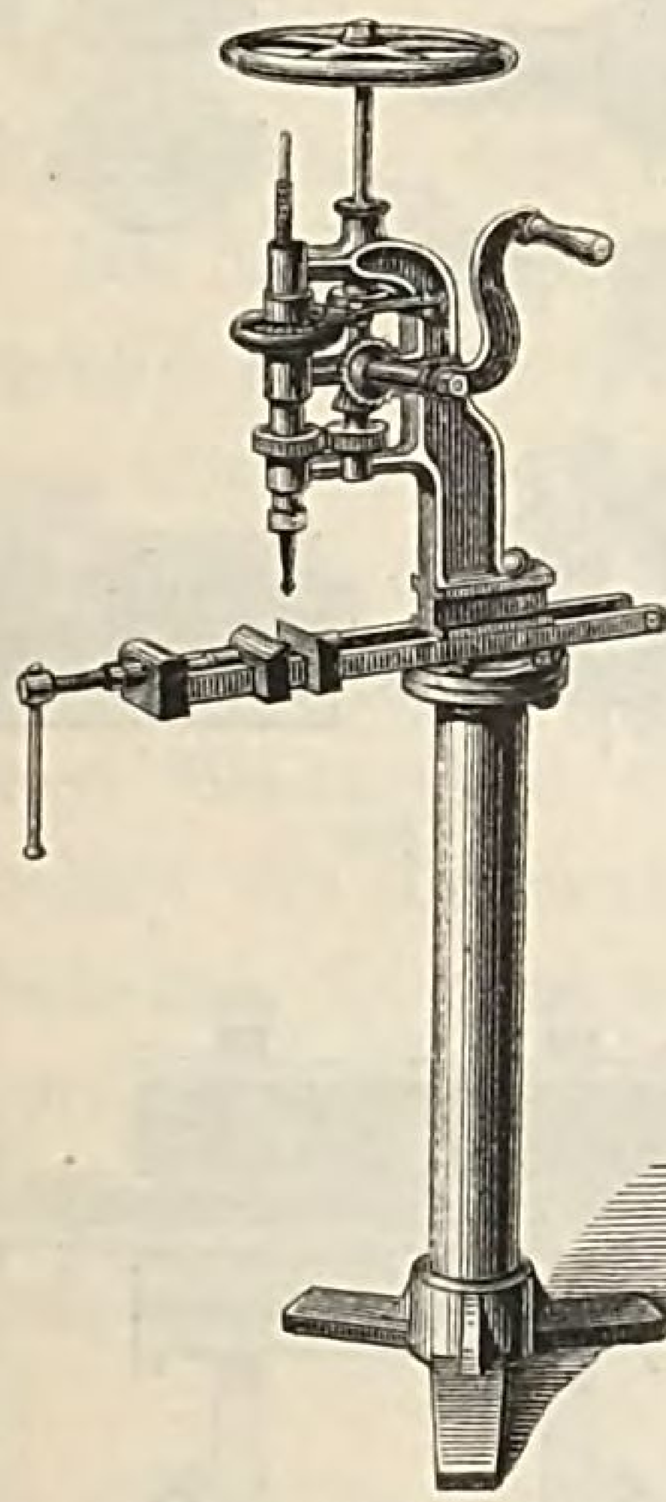
Fig. 95—100.

umfasst und gegen die rechte Seite des Steins gehalten, während man mit der rechten Hand dreht.

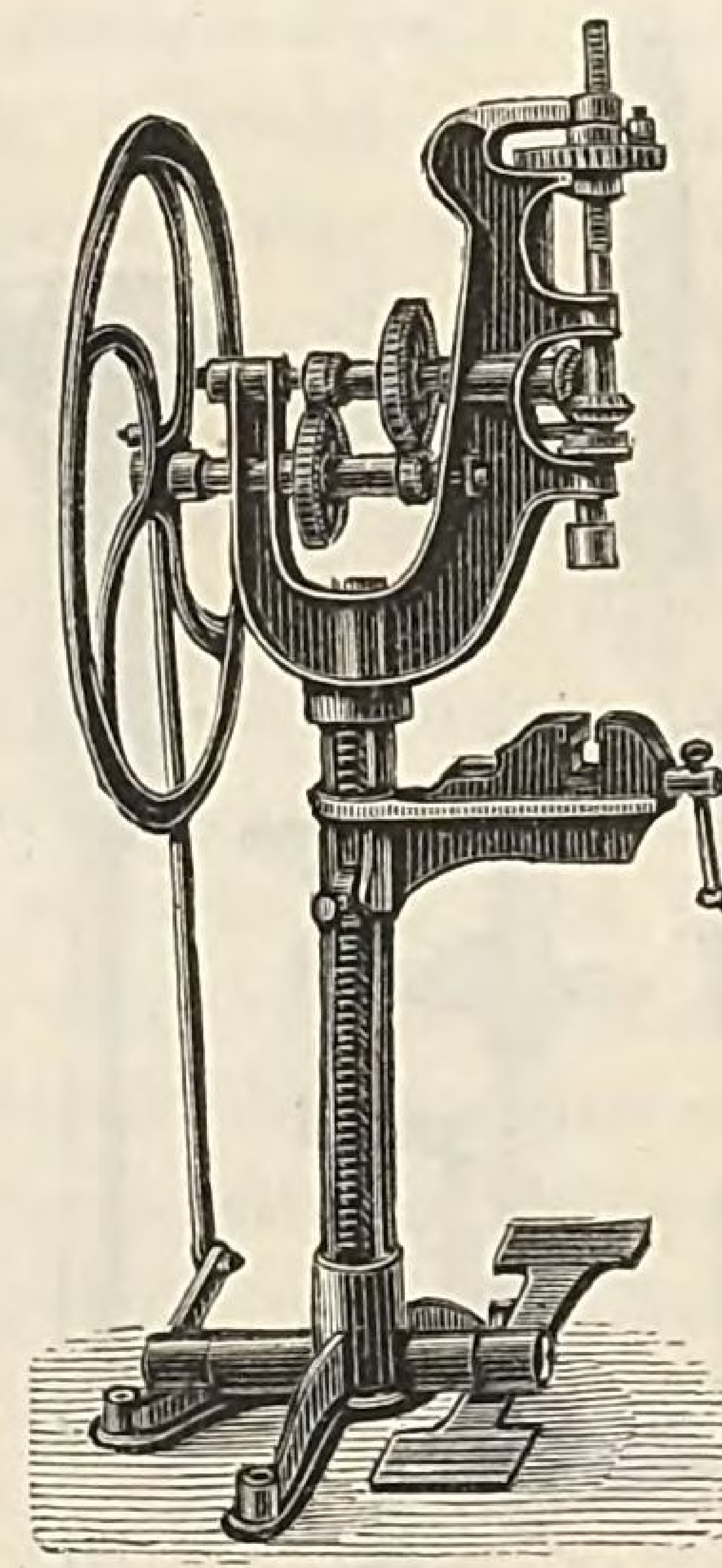
Die Futter zum Einspannen der Bohrer müssen selbstcentrirend sein. Einige gebräuchliche Constructionen sind abgebildet in den Fig. 95—99, wobei noch hinzuzufügen ist, dass auch das früher erwähnte Universalfutter gleichzeitig als Bohrfutter zu verwenden ist.

Zum Bohren größerer, nicht tiefgehender Löcher dienen gewöhnlich Spitzbohrer, welche aus vierkantigem Stahl geschmiedet sind (Fig. 100). Zum Umdrehen derselben dient entweder eine starke Drehbank oder besser eine besondere Bohrmaschine (Fig. 101, 102 und Taf. XI).

Dieselbe besteht aus dem, aus Eisenguss gebildeten Körper, aus einer horizontal verlaufenden, mittels Kurbel in Bewegung zu setzenden Triebwelle und der vertical stehenden Bohrwelle, welch letztere mit einer Druckschraube so verbunden ist, dass sie durch die Schraube nach Bedürfnis auf und ab verschoben werden kann. Zur Uebertragung der Bewegung von der Triebwelle auf die Bohrwelle dienen im einfachsten Falle zwei Winkelräder. Bei besser construirten Bohrmaschinen ist noch eine zweite verticale Welle eingeschaltet, welche oben ein großes



101



102

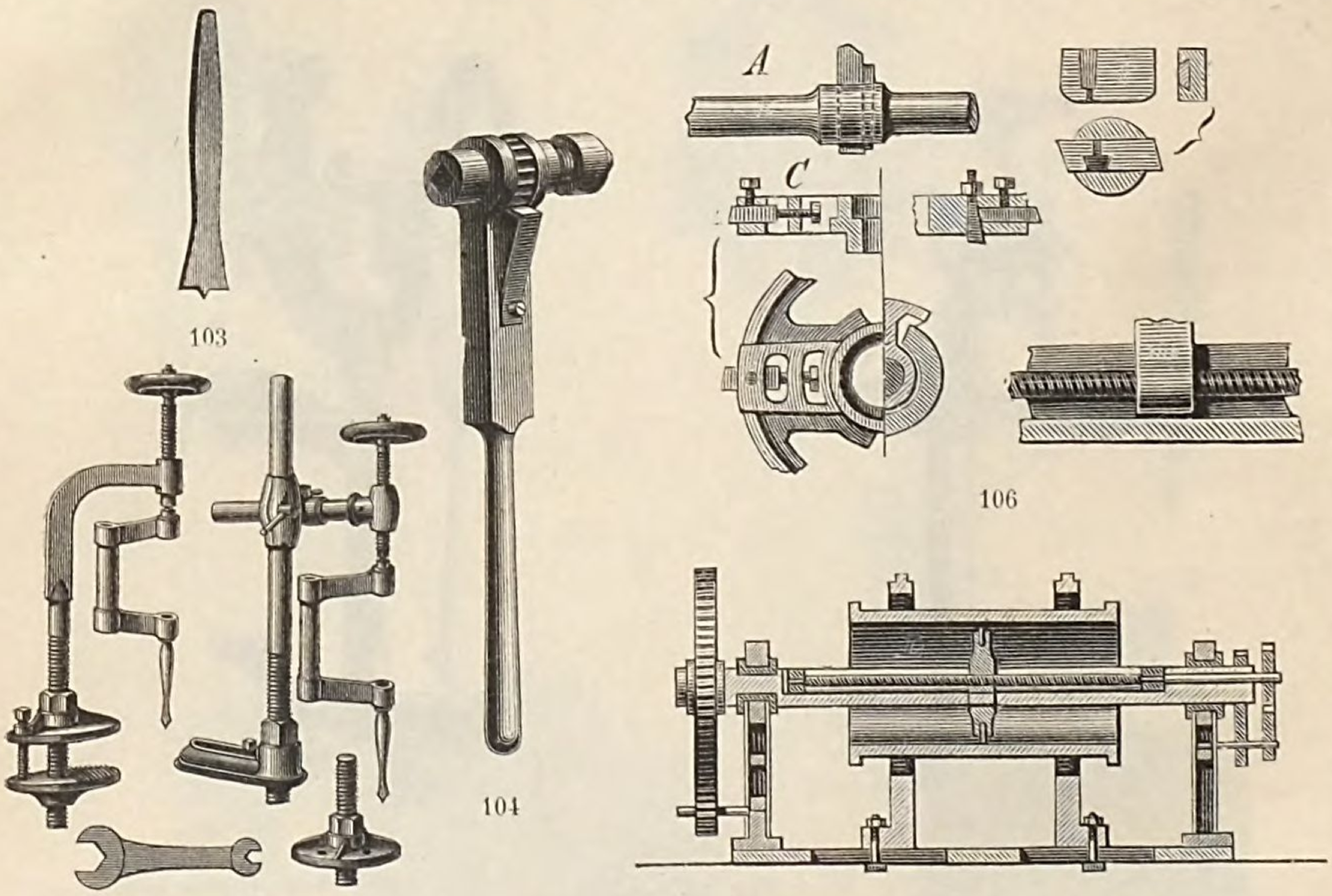
Fig. 101—102.

Schwungrad trägt, das die Arbeit sehr erleichtert. Außerdem ist diese Welle mit einem Excenter versehen, welcher mittels eines beweglichen Zahnes auf die einseitig verzahnte Mutter der Druckschraube wirkt und diese selbstthätig gleichmäßig herabdreht, so dass man sie (unter Abheben des Zahns) nur einmal zu Anfang richtig einstellen muss, d. h. so, dass der Bohrer das Arbeitsstück gerade berührt. Man dreht dann mit der einen Hand die Kurbel, bis das Loch durchgebohrt ist, während man mit der andern zeitweise Oel auftropft. Beim Bohren in Guss ist letzteres unnöthig und der Entfernung der Bohrspähne hinderlich.

Das Einsetzen des Bohrers in den Kopf der Bohrwelle ist sehr einfach, da dieser mit einem entsprechenden viereckigen Loch versehen ist, man muss nur durch Umwickeln mit Papier oder Einschieben von Blechstücken dafür sorgen, dass der Bohrer fest sitzt und centrisch läuft, was ev. durch einige Hammerschläge corrigirt wird.

Sehr große Löcher werden nicht mehr mit Spitzbohrern, sondern mit flachen Centrumbohrern gebohrt, nachdem man zuerst mittels eines feinen Bohrers ein Loch für die Spitze vorgebohrt hat.

Kann man den Gegenstand, z. B. eine größere Maschine, nicht in den Schraubstock der Bohrmaschine oder wenigstens an Stelle desselben befestigen, so verwendet man zum Umdrehen des Bohrers entweder eine einfache Bohrwinde, ähnlich derjenigen zum Umdrehen der Centrumbohrer für Holz, oder die Bohrknarre oder Bohrratsche (Fig. 104). Die letztere enthält einen einseitig gezahnten Bohrkopf, welcher mittels eines



105 Fig. 103—107. 107

Hebels und Sperrkegels ruckweise gedreht wird. Zum Anpressen des Ganzen dient ein aus Flacheisen geschmiedeter Bügel, ev. ein vorgeschobener schwerer Ambos oder eine der in Fig. 105 gezeichneten Schraubzwingen. Bei der Bohrknarre wird der Druck durch eine im Bohrkopf befindliche Schraube hervorgebracht, welche je nach Bedürfnis weiter herausgeschraubt wird. Für spezielle Zwecke, z. B. zum Anbohren von Eisenbahnschienen, hat man den Bügel auch dauernd mit der Ratsche verbunden.

Führt man in ein bis zu gewisser Tiefe mittels eines Spitzbohrers gebohrtes Loch einen Spitzbohrer mit größerer Schneide ein, der soweit auf der einen Seite abgeschliffen wurde, dass er gerade in das Loch hinein gebracht werden kann, so entsteht ein unten erweitertes Loch, ein sogenanntes Sackloch, was nur der Merkwürdigkeit halber erwähnt werden mag.

Löcher in Bleiröhren bohrt man mittels breiter spitzer Löffelbohrer nach Art der für Bohren in Holz gebrauchten; allerdings ist hierbei das Bohren eher eine Art Schnitzen, da man den Bohrer nicht einfach dreht, sondern auch hin und her bewegt. Das Ausbohren großer Höhlungen, z. B. von Pumpencylindern u. dergl. kann nicht mehr mittels eines Bohrers der beschriebenen Arten ausgeführt werden, sondern erfordert eine Bohrwelle (Fig. 106 *A*). Es ist dies eine Stahlstange, welche zwischen Spitzen in die Drehbank eingesetzt wird, und in der wulstartig verdickten Mitte eine Oeffnung zur Aufnahme eines senkrecht zur Achse stehenden kleinen Meißels besitzt. Der auszubohrende Cylinder wird gut centrirt auf dem Support zuverlässig befestigt, und der Meißel, welcher durch einen Keil befestigt ist, durch einige Hammerschläge so weit vorgetrieben, dass er die Cylinderwandung bis auf richtige Tiefe angreift. Da der Support durch die Leitspindel während des Umlaufens der Bohrwelle langsam vorgerückt wird, so dreht der Meißel den Cylinder im Innern ebenso ab wie beim gewöhnlichen Drehen der Stahl die äußere Oberfläche eines Cylinders. Ist einmal durchgebohrt, so wird der Meißel wieder etwas weiter vorgetrieben u. s. f., bis schließlich die richtige innere Weite und völlige Rundung erreicht ist. Bei großen Cylindern erhält die Bohrwelle zur Aufnahme des (der) Meißels eine kreisförmige Scheibe (*C*). Um das Durchbiegen der Welle möglichst zu hindern, bringt man zweckmäßig zwei oder mehr symmetrisch gestellte Meißel an. Bei eigentlichen Cylinderbohrmaschinen (Fig. 107) wird der Meißel, nicht der Cylinder verschoben.

9. Schraubenschneiden.

Eine sehr grobe hölzerne Schraube kann in der Weise angefertigt werden, dass man zunächst einen Cylinder von dem äußeren Durchmesser der Schraube dreht, auf diesen die Schraubenlinie genau aufzeichnet (mit Hülfe eines vorläufig aufgetragenen Coordinatensystems), die Vertiefungen mit dem Meißel (Geißfuß) einarbeitet und schließlich mit der Feile glättet. Es ist dies allerdings eine sehr mühsame Arbeit, die schließlich doch nur ungenaue Resultate gibt und daher nur im Nothfalle Anwendung findet.

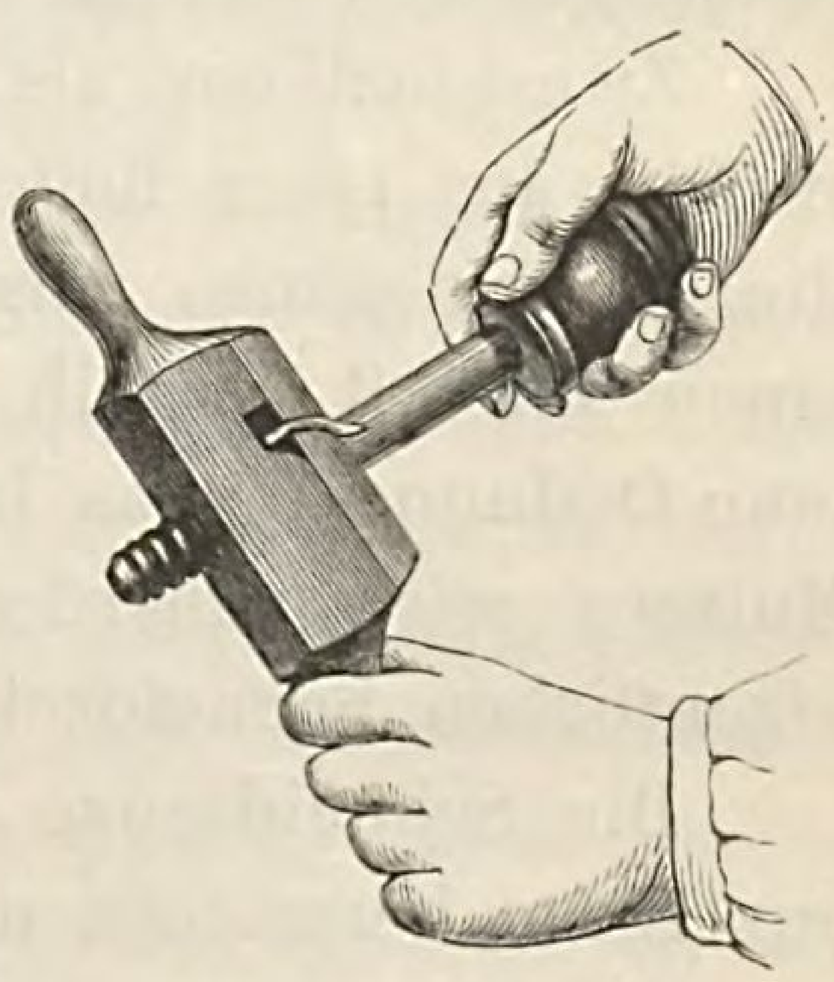


Fig. 108.

Weit vortheilhafter schneidet man die Schrauben mittels des Schneidzeugs (Fig. 108), welches von selbst dem Geißfuß die richtige Führung gibt, so dass ein Vorzeichnen unnöthig ist. Dieses Schneid-

zeug besteht aus einem mit zwei Handgriffen versehenen Stück Holz, welches in der Mitte durchbohrt ist. Diese Bohrung ist mit dem gleichen Gewinde versehen, welches eingeschnitten werden soll, und am Ende dieses Gewindes ist der Geißfuß so angebracht, dass seine Spitze gerade den erhöhten Gewindegängen entspricht. Ihm zur Seite befindet sich eine Oeffnung zum Austreten der abgehobelten Spähne. Endlich ist die Fläche, in welcher sich der Geißfuß befindet, mit einer aufzuschraubenden hölzernen Deckplatte belegt, in welche coaxial mit dem Loche der Kluppe ein glattes rundes Loch angebracht ist, hinreichend, um den, auf den Durchmesser der äußeren Schraube abgedrehten Cylinder leicht hindurchzulassen. Man schiebt denselben ein und dreht nun das Schneidzeug mit schwachem Druck so, dass es sich auf ihn aufschraubt.

Ist einmal ein Gewindegang vollendet, dann geht die Arbeit sehr leicht weiter und ein Druck ist nicht mehr nöthig. Ist die Schraube mit einem Kopf versehen und soll das Gewinde bis dicht an diesen Kopf geschnitten werden, so schneidet man erst, wie gewöhnlich soweit möglich, schraubt dann die Deckplatte ab und vollendet den Rest ohne dieselbe.

Schneidzeuge, welche zur Herstellung großer Schrauben dienen, haben zwei Geißfüße, von welchen der eine die Vertiefungen nur halb einarbeitet, der andere sie vollendet.

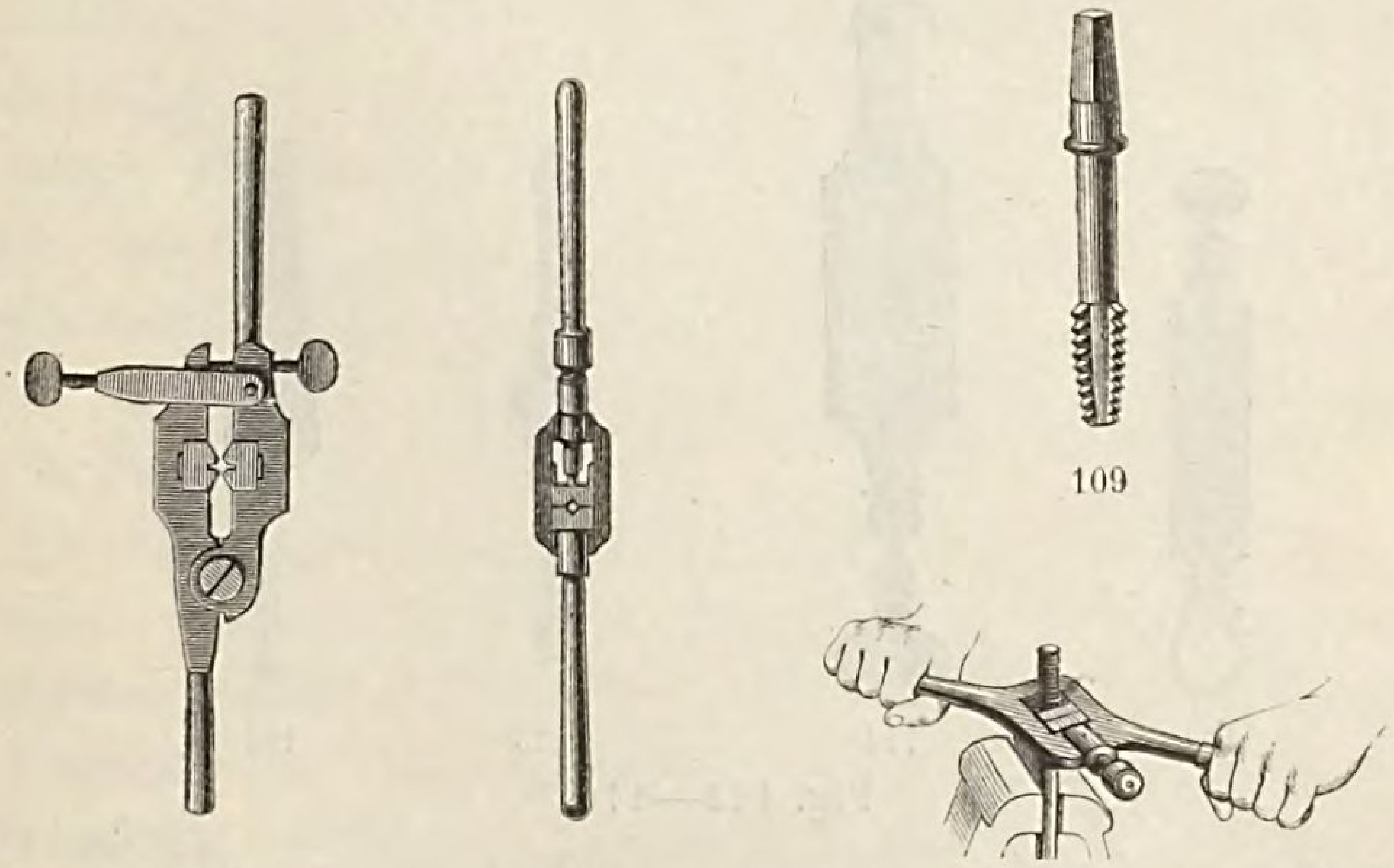
Zur Herstellung der Muttern für Holzschrauben dienen kurze stählerne, schwach conische Schrauben, Gewindebohrer (Fig. 109), mit vier tief ausgehöhlten seitlichen Rinnen, welche die Gewindegänge in einzelne Zähne zergliedern (Fig. 109). Man bohrt ein Loch, in welches der Gewindebohrer sich gerade eben mit der Spitze einstecken lässt, und schraubt ihn ein. Hierzu ist derselbe mit einem schlanken, in einen viereckigen Zapfen endigenden Stiel versehen, auf welchen ein Wendeeisen aufgesteckt wird. Der Stiel ist so dünn, dass der Gewindebohrer, wenn er ganz durch das Loch durchgeschraubt ist, auf der andern Seite herausgezogen werden kann und nicht mehr zurückgeschraubt werden muss.

Zweckmäßiger als diese älteren Gewindebohrer sind die neueren, welche aus einer Röhre bestehen, auf welche auf eine kurze Strecke die Gewindegänge aufgesetzt sind und zwar so, dass das Ende derselben einen Geißfuß darstellt, von welchem aus die abgehobelten Spähne durch eine Oeffnung in das Innere der Röhre eindringen. Bei Bohren für große Muttern wird außerdem ein Vorschneidzahn angebracht, der von dem eigentlichen Schneidzahn um einen halben Gang absteht.

Die Schneidzeuge oder Kluppen zum Metallschraubenschneiden sind aus Eisen hergestellt und haben ziemlich verschiedene Form.

Die bequemste dürfte die der Scherkluppen (Fig. 110) sein. Die beiden Backen, d. h. Hälften einer längs der Achse durchschnittenen stählernen und gehärteten Schraubenmutter, welche so geschliffen sind,

dass die Enden der Gewindegänge schneidende Zähne bilden, werden in zwei durch ein Scharnier zusammengehaltene Arme eingesetzt und mittels dieser an den mit Gewinde zu versehenden Metallcylinder durch einen sie verbindenden Bügel mit Schraube angepresst. Dreht man nun die Kluppe auf dem Metallstab, so schneiden die beiden Backen das Gewinde ein, um so tiefer, je mehr man die Schraube des Bügels anzieht. Anfänglich lässt man nur wenig angreifen, dreht die Kluppe zurück, schraubt etwas mehr zu und schneidet abermals und wiederholt dieses Vor- und Zurückgehen so oft, bis das Gewinde tief genug ist, d. h. bis die Arme nicht mehr weiter genähert werden können, da eine Stellschraube dies hindert. Fertigt man mehrere Schrauben nacheinander und lässt die Stellung der Stellschraube ungeändert, so fallen alle diese Schrauben gleich dick aus, was für manche Zwecke von großem Vortheil ist. Selbstverständlich müssen die Gewindegänge der Backen frei von Spähnen sein, und deshalb vor dem Gebrauche mittels einer steifen Bürste gut



109 110 111 112

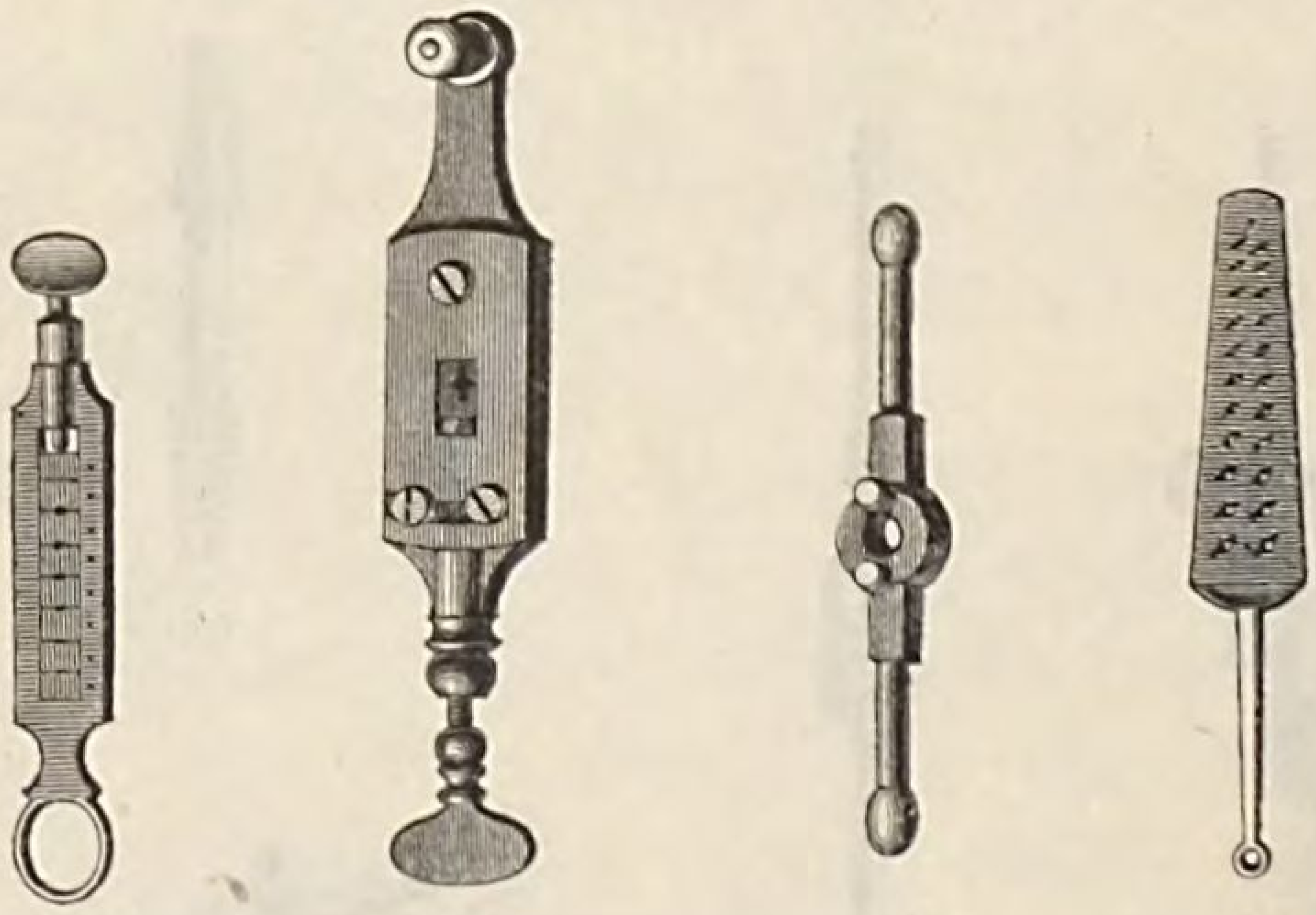
Fig. 109—112.

gereinigt werden. Zur Verminderung der Reibung gibt man während der Arbeit reichlich Oel auf, bei Messing zweckmäßiger Talg.

Einfacher als die Scherkluppe ist die *gerade Schneidkluppe* (Fig. 111). Die Backen sind in einem eisernen Rahmen so angebracht, dass sie längs einer Prismenführung verschoben werden können. Man bringt den Metallstab zwischen sie und presst sie durch eine starke Schraube zusammen. Diese Schraube und eine nach entgegengesetzter Richtung gehende stabförmige Verlängerung des Rahmens dienen als Griffe, um die Kluppe zu drehen. Allerdings ist dabei nicht ausgeschlossen, dass sich die Schraube aufdrehe, so dass man häufig den Rahmen mit zwei diagonal gerichteten Griffen versieht, während die Druckschraube der Längsrichtung des Rahmens parallel steht. Eine solche Kluppe heißt eine *schräge Schneidkluppe* (Fig. 112). Gegenüber

der Scherkluppe haben die gerade und schräge Kluppe den Vortheil, dass ihre Construktion solider ist und Herstellung von Schrauben von beträchtlichem Durchmesser gestattet, dagegen den Nachtheil, dass das Auswechseln der Backen ziemlich umständlich ist und die Erzeugung gleichstarker Schrauben einzig von der Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit des Arbeitenden abhängt. Außerdem sind die Schneidezähne der Backen (zumal da sie nicht geschliffen werden können) so unvollkommen, dass das Gewinde häufig mehr gequetscht und eingedrückt als geschnitten wird, so dass der Bolzendurchmesser etwas kleiner als der der fertigen Schraube genommen werden muss.

Ruckweises Schneiden, d. h. abwechselndes Zurück- und stoßweises Vordrehen der Kluppe, wie es häufig zur Förderung der Arbeit ausgeführt wird, ist den Schneiden natürlich schädlich. Es verursacht leicht deren Ausbrechen und außerdem wird das Gewinde nicht regelmäßig. Ebenso ist es unzweckmäßig, die Kluppe auch beim Zurückdrehen (durch



113 114 115 116

Fig. 113—116.

festeres Anziehen der Druckschraube) schneiden zu lassen. Beim Auswechseln der Backen achte man auf die daran angebrachten Zeichen, welche genau den auf dem Rahmen befindlichen entsprechenden gegenüberstehen müssen.

Kleine gerade Kluppen erhalten gewöhnlich mehrere Backen hintereinander (Fig. 113), um ohne Auswechseln verschiedenartige Gewinde schneiden zu können. Dabei wird der eine Griff durch einen Ring u. dergl. ersetzt, und die Pressschraube erhält einen Handgriff zum Anziehen, während bei den beschriebenen Kluppen das Anziehen mittels eines durch den Kopf der Schraube gesteckten Stahlstäbchens geschehen musste.

Die Nachtheile der vorigen Kluppen sind bei der Kluppe von Whitworth, welche ihrer vortrefflichen Wirkung halber immer mehr Eingang findet, wenigstens theilweise vermieden. Dieselbe besitzt drei Backen, von welchen einer im Rahmen festliegt, während die beiden

anderen gleichzeitig und um gleichviel dem Mittelpunkte der Schraube genähert werden können. Die Verschiebung der Backen erfolgt durch Verstellen eines Keiles mit Hülfe einer Schraube, deren Mutter sich an den Rahmen anlegt. Die Backen werden von oben in den Rahmen eingelegt und am Herausfallen und Verschieben durch eine Deckplatte gehindert. Auch bei anderen Kluppen (Fig. 114), namentlich für feinere Gewinde, findet man solche Deckplatten, die das Reinigen und Auswechseln der Backen wesentlich erleichtern.

Zum Gebrauch aller dieser Kluppen ist nun noch zu bemerken, dass jedes Backenpaar zwar innerhalb gewisser Grenzen dickere und dünnere Schrauben herzustellen gestattet, dass aber die Wirkung nur für eine bestimmte Dicke eine durchaus vollkommene ist. Je mehr man von dieser Dicke abweicht, um so unvollkommener wird die Schraube, und schließlich werden gar die von den ersten Schneidezähnen erzeugten Gewindegänge durch die letzten wieder zerstört, so dass überhaupt gar kein Gewinde entsteht. Wird die Kluppe nicht gut senkrecht zur Achse des Bolzens aufgesetzt, so wird das Gewinde schief, und häufig brechen einzelne Zähne der Backen aus, insbesondere wenn man durch Drücken die Kluppe wieder gerade zu richten sucht. Das Ausbrechen der Zähne kann auch stattfinden, wenn die Backen verkehrt in den Rahmen eingespannt sind. Man merke also wohl auf die correspondirenden Zeichen von Backen und Rahmen.

Zum Gewindeschneiden für Gasröhren gebraucht man in neuerer Zeit zuweilen Gewindeeisen (Fig. 115), d. h. auf einen Rahmen mit Griffen aufgeschraubte Stahlringe, welche mit dem Muttergewinde versehen und conisch so ausgedreht sind, dass an einer Seite die Gewindegänge vollkommen erhalten, auf der anderen nahe beseitigt sind. Außerdem sind vier seitliche Schlitze angebracht, so dass die hierdurch entstandenen Endigungen der Gewindegänge vier Reihen von Schneidezähnen bilden. Die Stahlringe sind leicht auszuwechseln und liefern Schrauben von stets gleicher Dicke. Leider sind aber die Gasröhren nicht immer von genau gleicher Dicke, so dass das Instrument doch nicht so praktisch ist, wie man erwarten könnte.

Kleine Gewindeeisen (Fig. 116), einfach aus einer mit eingeschnittenen, an zwei gegenüberliegenden Seiten geschlitzten Gewinden versehenen gehärteten Stahlplatte gebildet, sind dagegen zur Herstellung feiner kurzer Schrauben sehr nützlich und werden vielfach angewandt. Die feinsten Gewinde sind nicht mehr mit Einschnitten versehen, so dass eigentlich das Gewinde überhaupt nicht eingeschnitten, sondern eingedrückt wird. Man feilt den betreffenden Draht an der Spitze etwas conisch, eben hinreichend, um ihn in das passende Loch des Gewindeeisens einschrauben zu können, gibt Oel auf und dreht nun entweder

den Draht oder das Gewindeeisen. Ist die Reibung zu stark, so muss der Draht etwas dünner gefeilt werden, da er sonst leicht abgedreht wird. Längere so verfertigte Schrauben verziehen sich gewöhnlich und müssen dann mittels eines Holzhammers wieder gerade gerichtet werden.

Feine Gewinde von großem Durchmesser, z. B. auf Messingröhren, ebenso auch gröbere Gewinde, die sehr exact ausgeführt sein sollen, werden auf der Drehbank gefertigt.

Die Gewindebohrer zur Herstellung größerer Muttergewinde sind cylindrische gehärtete Stahlschrauben, in welche drei oder mehr seitliche Furchen eingefräst sind, so dass drei oder mehr Reihen von Schneidezähnen entstehen. Man verwendet zwei Arten, von welchen die einen, Vorschneider genannt, conisch abgedreht sind, so dass die ersten Gewindegänge fast völlig fehlen und nur die letzten in ihrer ganzen Höhe vorhanden sind und zur Wirkung kommen. Die Nachschneider sind nicht in dieser Weise abgenommen und dienen dazu, Löcher, welche nicht durchgehen, bis auf den Grund zu schneiden. Aehnlich wie die Holzgewindebohrer sind auch die für Metall mit einem dünneren kurzen Hals und einem viereckigen Zapfen zum Umdrehen mittels eines Wendeeisens versehen. Manche Schraubenkluppen sind so eingerichtet, dass man den Gewindebohrer zwischen die Backen und ein vorgelegtes Stahlklötzchen mittels der Druckschraube einklemmen kann, so dass das Wendeeisen überflüssig wird.

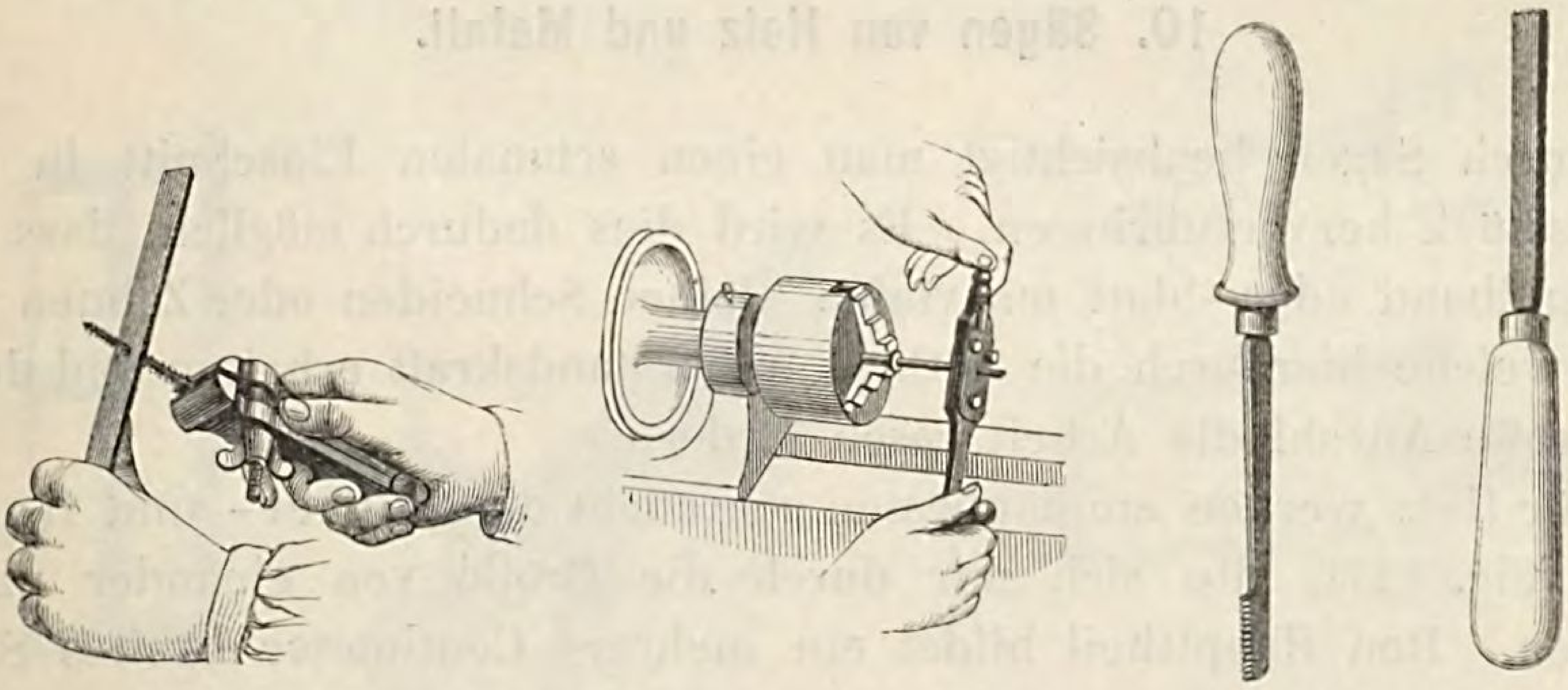
Feinere Gewindebohrer stellt man sich in der Regel selbst aus entsprechendem Stahldraht her, der erst geschnitten, dann vierseitig pyramidal zugefeilt und schließlich gehärtet wird (nicht etwa umgekehrt, erst conisch gefeilt und dann geschnitten). Zum Umdrehen verwendet man den Feilkloben (Fig. 117), oder man spannt sie in die Drehbank. Auch zum Schneiden längerer feiner Gewinde wird die Drehbank häufig benutzt, derart, dass man nicht wie gewöhnlich den Draht im Schraubstock befestigt und die Kluppe dreht, sondern den Draht mittels der Drehbank in Drehung versetzt und die Kluppe festhält (Fig. 118).

Wo größere Schrauben in Menge hergestellt werden müssen, verwendet man wohl besondere Gewindeschneidemaschinen, bei welchen das Schneidezeug an der Spindel befestigt ist, also rotirt, das Arbeitsstück dagegen feststeht. Für physikalische Arbeiten sind solche entbehrlich.

Von besonders großer Wichtigkeit ist die Drehbank zur Herstellung kurzer feiner Gewinde von großem Durchmesser, sowie auch grober langer Gewinde. Für letztere dient die Leitspindeldrehbank. Durch geeignete Wahl der Wechselräder bewirkt man, dass der Support so rasch während des Umlaufens der Spindel vorrückt, dass die Furchen, die der Stahl hervorbringt, nicht wie beim gewöhnlichen Drehen sich gegenseitig überdecken, sondern sich zu einem Gewinde zusammenschließen, welches

man durch Wiederholung des Verfahrens beliebig vertiefen kann. Man kann auch mehrere Gewinde nebeneinander eindrehen und erhält so eine mehrgängige Schraube.

Für kurze Schrauben mit feinem Gewinde, z. B. Messingröhren, eignet sich besser die Drehbank mit fliegender Spindel (Taf. XII, Fig. 1), die deshalb in Werkstätten für Feinmechanik vorzugsweise Verwendung findet. Die Spindel ist hier cylindrisch gestaltet und lässt sich innerhalb gewisser Grenzen längs ihrer Achse in den Lagern verschieben. Am äußeren Ende wird nun eine kurze Schraubenspindel befestigt, Patrone genannt, die in einen Sektor einer Schraubenmutter, das Register, eingreift und dadurch beim Umdrehen der Spindel eine gleichmäßige Verschiebung derselben in der Richtung der Achse bewirkt. Das Arbeitsstück kann natürlich in diesem Falle nicht zwischen Spitzen eingespannt werden, sondern wird an den Kopf der Spindel angefuttert. Hält man einen



117 118 119 120

Fig. 117—120.

festliegenden Drehstahl dagegen, so gräbt er ein Schraubengewinde ein, welches gleiche Ganghöhe besitzt wie das der Patrone. Sicherer wählt man statt eines einzigen Spitzstahls einen Stahl mit vielen Schneiden, welche um die Ganghöhe der Schraube von einander abstehen und Segmente von Gewindegängen darstellen, einen sogenannten Schraubstahl (Fig. 119 u. 120). Ist einmal ein Gewindegang eingedreht, so hat der zweite, dann der dritte Zahn u. s. w. in diesem eine Führung, die Patrone wäre also eigentlich überflüssig. Man kann deshalb längere Gewinde dadurch herstellen, dass man zunächst mit Hülfe der Patrone einen kurzen Anfang einschneidet und dann weiterhin nur den Schraubstahl benutzt. Natürlich kann auch hier das Gewinde nicht mit einem Male eingeschnitten werden, man muss den Schraubstahl mehrmals der Schraube entlang führen, bis die Gewindegänge hinreichend tief und scharf geworden sind. Schneidet man zu tief ein, so werden sie ebenso

wie beim analogen Fall mit der Kluppe wieder zerstört. Bei genügender Uebung ist es auch ganz entbehrlich, den Anfang mit der Patrone herzustellen, es reicht der Schraubstahl allein aus, falls er nur mit der richtigen Geschwindigkeit fortgeschoben wird. Verschiebt man ihn zu rasch, so entsteht eine mehrgängige Schraube; verschiebt man ihn zu langsam, so entsteht eine Schraube, deren Ganghöhe nur ein Bruchtheil von derjenigen des Schraubstahls ist.

Zum Schneiden der entsprechenden Mutterschrauben benutzt man entweder Gewindebohrer oder, falls die Höhlung hinreichend weit ist, innere Schraubstähle (Fig. 120), deren Gebrauchsweise ganz der der Ausdrehstähle entspricht. Es ist noch zu erwähnen, dass Gewindestähle namentlich auch für weiche Metalle, Horn, Bein, hartes Holz u. dergl. Verwendung finden.

10. Sägen von Holz und Metall.

Durch Sägen beabsichtigt man einen schmalen Einschnitt in dem Arbeitsstück hervorzubringen. Es wird dies dadurch möglich, dass man ein Stahlband oder -blatt mit vielen kleinen Schneiden oder Zähnen versieht, welche hierdurch die nöthige Widerstandskraft erhalten und durch ihre große Anzahl die Arbeit rasch fördern.

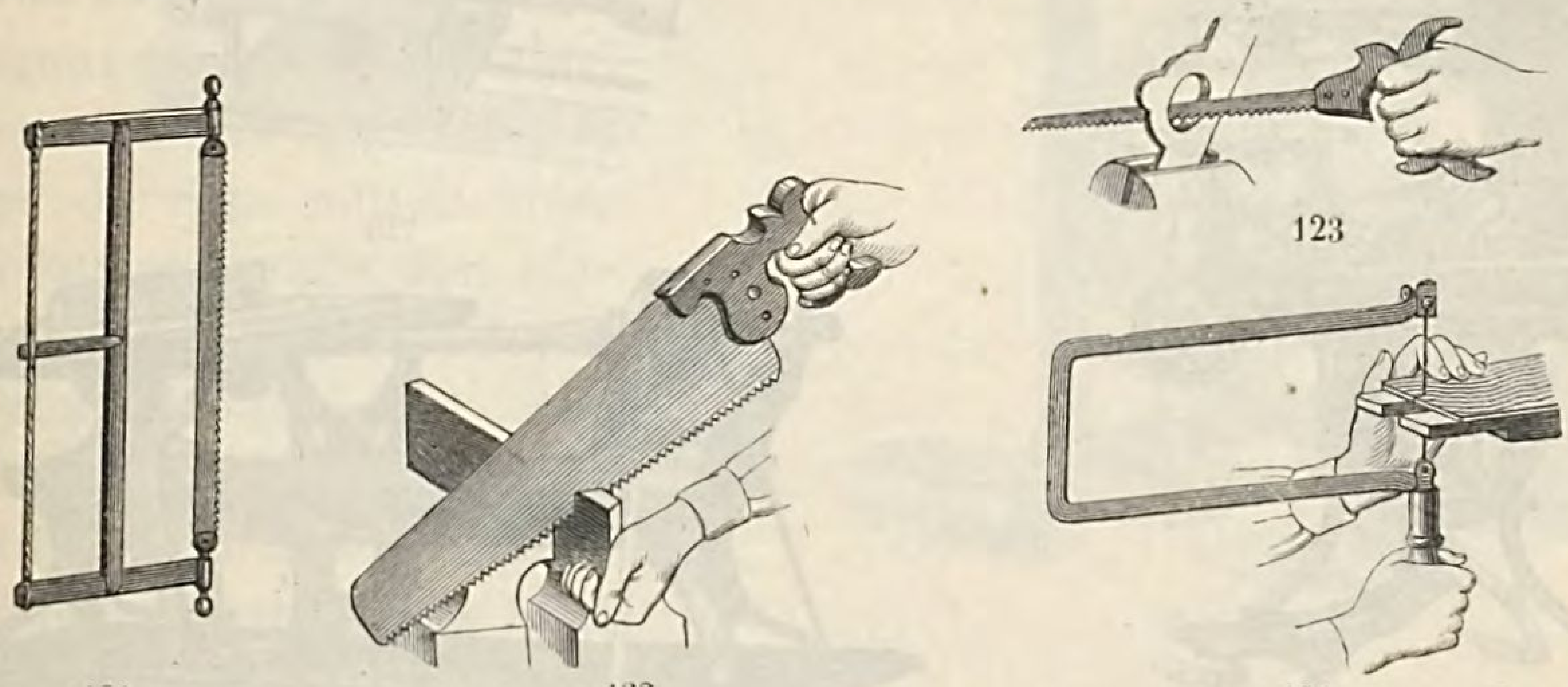
Für Holz werden am häufigsten gebraucht die Oerter- und Handsäge (Fig. 121), die sich nur durch die Größe von einander unterscheiden. Den Hauptheil bildet ein mehrere Centimeter breites Sägeblatt, welches in ein zum Spannen vorgerichtetes Gestell eingespannt wird. Die Bolzen, in welche es befestigt wird, sind mit Reibung drehbar, so dass man die Stellung des Blattes nach Bedürfnis ändern kann, was namentlich dann nöthig wird, wenn das durchzusägende Brett sehr lang ist. Zeitweise schmiert man die Säge mit etwas Talg, und wenn die Zähne nicht mehr schneiden, schärft man sie mittels einer dreieckigen Feile mit gerundeten Kanten (Sägefeile). Um ein Klemmen der Säge zu verhindern, werden die Zähne abwechselnd schwach nach der einen oder anderen Seite gebogen mit Hülfe des Schränkeisens, so dass der Schnitt breiter ausfällt als die Dicke des Sägeblattes. Das Spannen geschieht durch Zudrehen der die beiden Arme des Gestells verbindenden Schnur mit Hülfe eines Holzstäbchens, des Knebels. Wird die Säge nicht gebraucht, so dreht man die Schnur wieder etwas auf, da sie sonst leicht reißt (bei feuchtem Wetter werden Schnüre kürzer).

Für Schnitte im Bogen ist das Blatt der Oertersäge zu breit und wird deshalb durch ein weit schmäleres ersetzt. Die so vorgerichtete Säge heißt Schweifsäge.

Sind nur kleine Holzstücke abzusägen oder kann man an der betreffenden Stelle mit der Oertersäge nicht zukommen, so verwendet man den Fuchsschwanz (Fig. 122). Derselbe besitzt kein Gestell, sondern ist lediglich ein starkes breites, nach vorn verjüngtes, mit einem bequemen Handgriff versehenes Sägeblatt.

Bei der sogenannten Rückensäge ist das Blatt rechteckig und längs seines Rückens beträchtlich verstärkt. Das Heft steht gegen die Reihe der Zähne erheblich zurück, so dass man im stande ist, mitten auf einer Fläche einen Einschnitt einzusägen.

Die Lochsäge (Fig. 123) ist ebenfalls eine Art Fuchsschwanz, aber das Blatt ist sehr schmal, so dass es sich besonders eignet, um geschweifte Einschnitte zu erzeugen. Um ihm dennoch die nöthige Stärke zu geben, erhält es gewöhnlich auf der Zahnseite größere Dicke, wodurch zugleich das Schränken der Zähne unnöthig wird. Immerhin verdienen solche mit geschränkten Zähnen den Vorzug. Sehr bequem sind die-



121 122 123 124

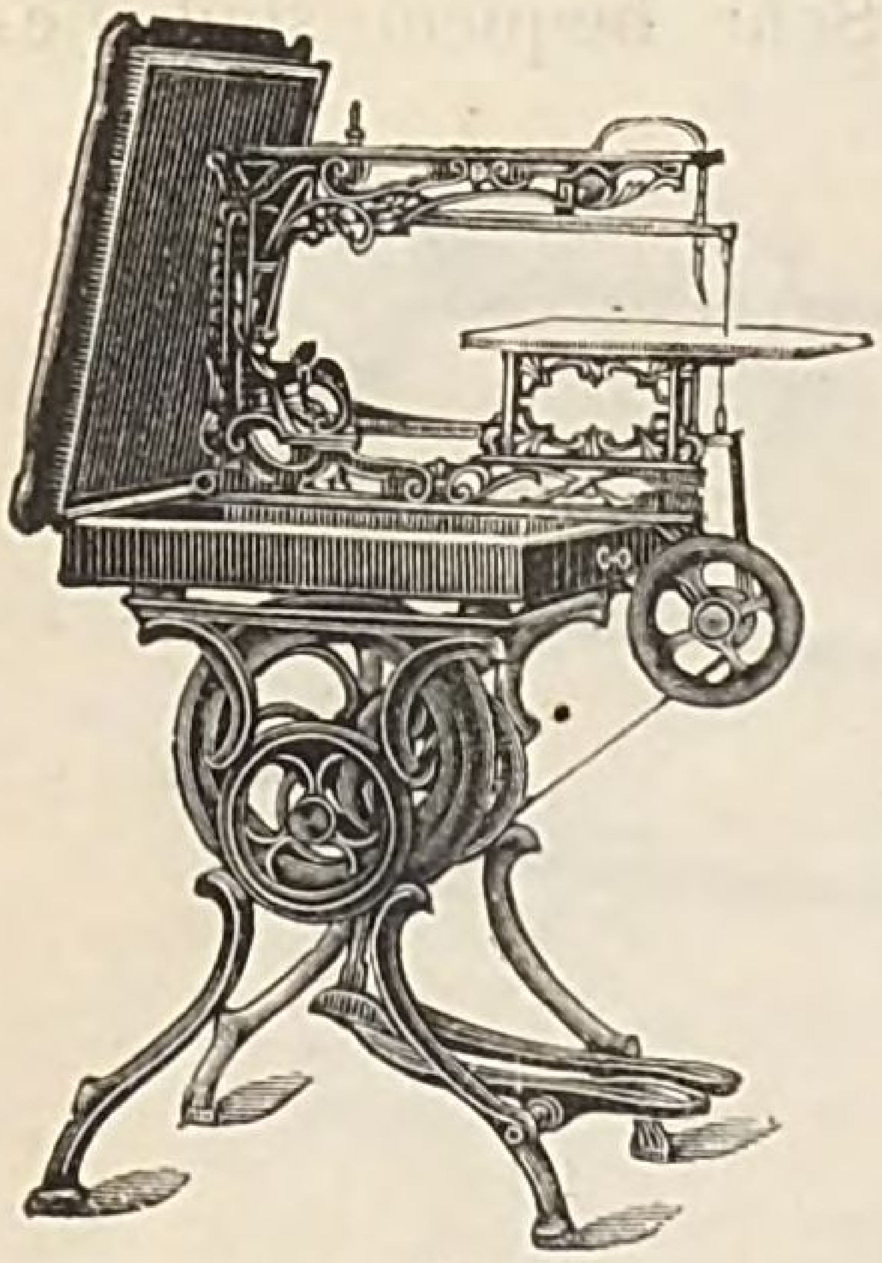
Fig. 121—124.

jenigen, bei welchen sich die Klinge auswechseln und mit einer andern mehr oder minder breiten vertauschen lässt. Das Arbeiten mit der Lochsäge erfordert etwas Uebung, insofern man durch Hin- und Herbewegen der Säge dafür sorgen muss, dass stets genügend Raum erzeugt wird, um dieselbe bequem durchzulassen. Andernfalls tritt leicht Klemmen ein und die Arbeit wird nicht nur sehr mühsam, sondern die Säge kommt in Gefahr zu brechen.

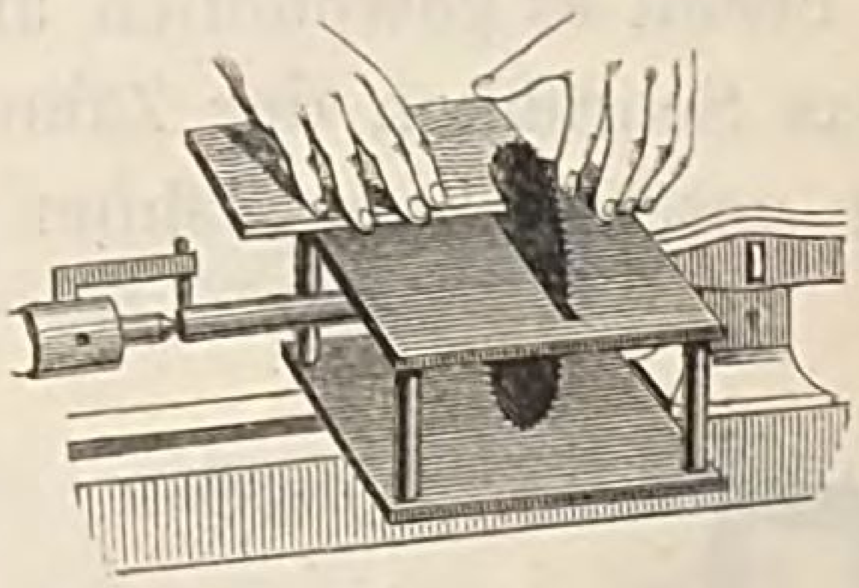
Feine Einschnitte werden in bekannter Weise mit Hülfe der Laubsäge (Fig. 124) erzielt. In Folge der Feinheit der Laubsägeblätter und der starken Spannung in dem elastischen, gewöhnlich aus Stahl gefertigten Bogen brechen sie leicht ab, die Säge ist daher so eingerichtet, dass man leicht in die beiden zum Halten dienenden Klemmen ein neues Blatt einschrauben oder die Entfernung derselben verringern kann, um das alte, falls es nicht zu weit abgebrochen ist, nochmals zu verwenden.

Sind Ausschnitte in der Mitte eines Brettchens zu machen, so wird an der betreffenden Stelle mit Hülfe einer Ahle oder eines Drillbohrers zunächst ein Loch gebohrt, genügend, um das Sägeblatt durchzulassen, dann letzteres oben ausgespannt, durchgesteckt und unter Anspannen des Bogens wieder befestigt. Es ist zweckmäßig, als Unterlage beim Sägen ein über den Tisch vorspringendes, mit einem Einschnitt versehenes Brett zu wählen, da das Arbeitsstück, falls es nicht ringsum aufliegt, leicht bricht oder umkippt und dadurch die Säge ruinirt. Stets führe man die Säge senkrecht, und bei raschen Wendungen lasse man dieselbe nur langsam vorrücken.

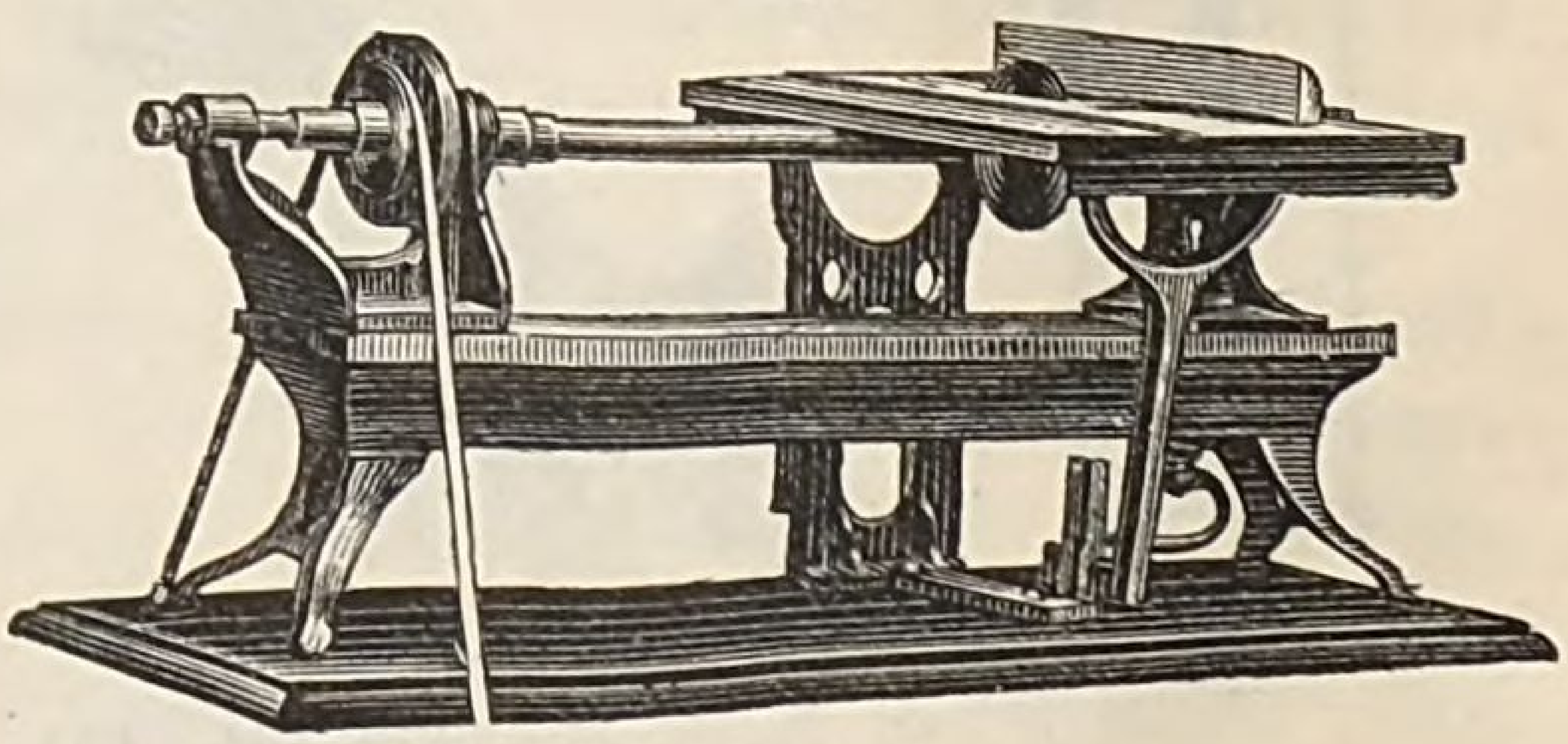
Da längeres Handhaben der Säge ermüdet, so hat man Maschinchen (Fig. 125) construirt, welche ermöglichen, dieselbe mittels Tritt und



125



126



127

Fig. 125—127.

Schwungrad in Bewegung zu setzen. Praktisch sind auch die Vorrichtungen, welche ermöglichen, die Laubsäge mit der Drehbank zu combiniren (Taf. IX, Fig. 2).

Eine andere Säge, welche mittels der Drehbank in Thätigkeit gesetzt werden kann, ist die Kreissäge (Fig. 126, 127). Im kleinen dient sie namentlich zum Zurichten der aus hartem Holz bestehenden Holzklötzchen oder -stäbchen, welche gedrechselt werden sollen. Mit Hülfe eines Führungslineals ist es möglich, den Schnitt genau zu reguliren.

Zum Zersägen größerer Bretter und dicker Holzklötze eignet sich sehr gut die Bandsägemaschine (Fig. 128), doch dürfte sie für physikalische Arbeiten als entbehrlich betrachtet werden, falls man nicht darauf Gewicht legt, dass es mittels derselben auch dem Ungeübten möglich ist, genau rechtwinkelige Schnitte zu führen.

Zum Aussägen größerer runder Löcher kann die Kronsäge dienen, die aus einer am Rande gezahnten cylindrischen Röhre besteht und ebenfalls durch die Drehbank in Umdrehung versetzt wird.

Sind viele parallele Einschnitte nebeneinander in gleichem Abstand anzubringen, so versieht man die Säge mit einer parallel laufenden Führungsleiste, welche in den vorhergehenden Einschnitt eingreift und bewirkt, dass der folgende in genau richtiger Distanz von diesem eingeschnitten wird.

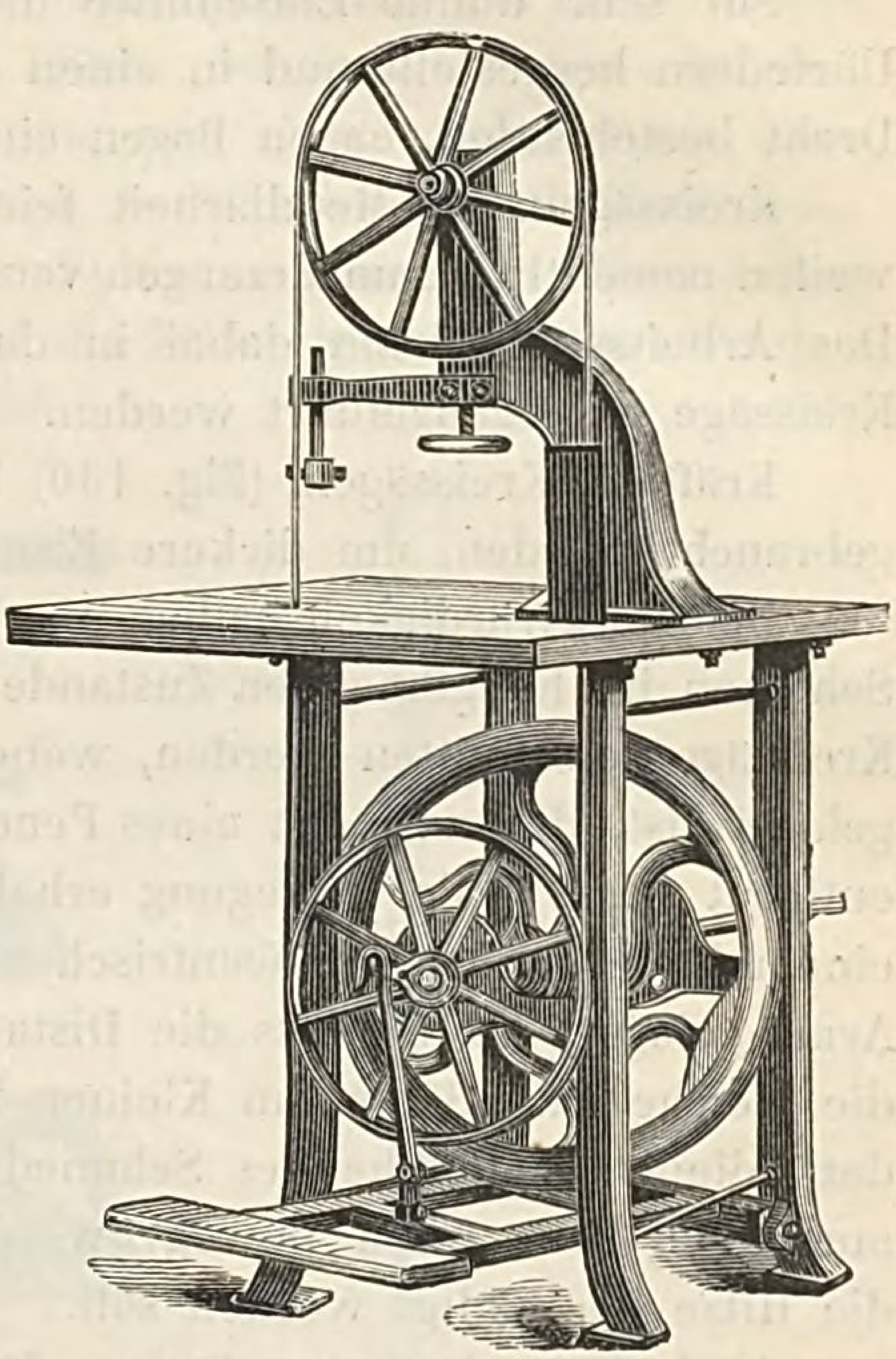


Fig. 128.

Metallsägen müssen natürlich härter sein als Holzsägen. Ihre Zähne sind nur klein und nicht verschränkt. Zur Befestigung dient ein mit Griff versehener Bogen (Fig. 129), in welchen die Säge mittels einer Flügelmutterschraube fest eingespannt wird. Beim Sägen von Schmiedeeisen gibt man reichlich Oel auf. Da sich die Säge in der Mitte am schnellsten abnutzt, erhält das Blatt solche Form, dass die Zähne auf einer schwach gekrümmten Bogenlinie liegen.

Sehr weiche Metalle (Zinn und Blei) können mit einer gewöhnlichen Holzsäge zerschnitten werden, doch muss man reichlich Wasser auf-

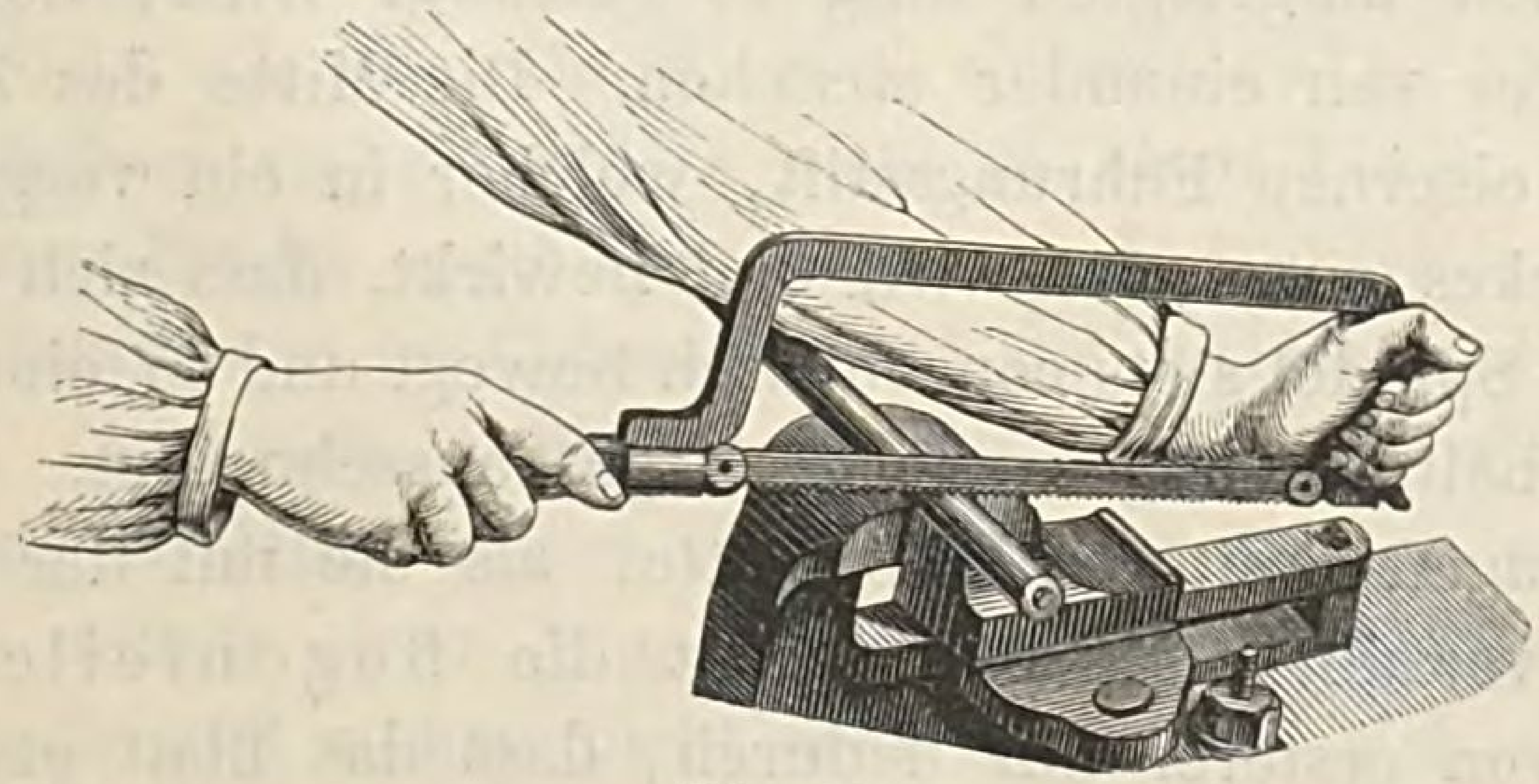


Fig. 129.

gießen, um das Zusammenkleben der Spähne und deren Anheften an der Säge zu verhindern.

Für dünne Bleche dient zum Aussägen von Einschnitten, die nicht

auf andere Weise hergestellt werden können, oder bei welchen jedes Verziehen des Blechstücks (wie es z. B. beim Ausmeißeln eintritt) vermieden werden soll, die Laubsäge, nur muss dieselbe mit Achtsamkeit geführt und häufig geölt werden.

Für sehr dünne Einschnitte dienen Laubsägen, welche aus feinen Uhrfedern hergestellt und in einen einfachen, oft nur aus einem starken Draht bestehenden, engen Bogen eingezogen sind.

Kreissägen, für Metallarbeit fein verzahnt und gehärtet, dienen zuweilen namentlich zum Erzeugen von Einschnitten in Metallstäbe u. dergl. Das Arbeitsstück kann dabei in den Support eingespannt und so der Kreissäge entgegengeführt werden.

Kräftige Kreissägen (Fig. 130) können sogar an Stelle des Meißels gebraucht werden, um dickere Eisenstäbe zu zertheilen.

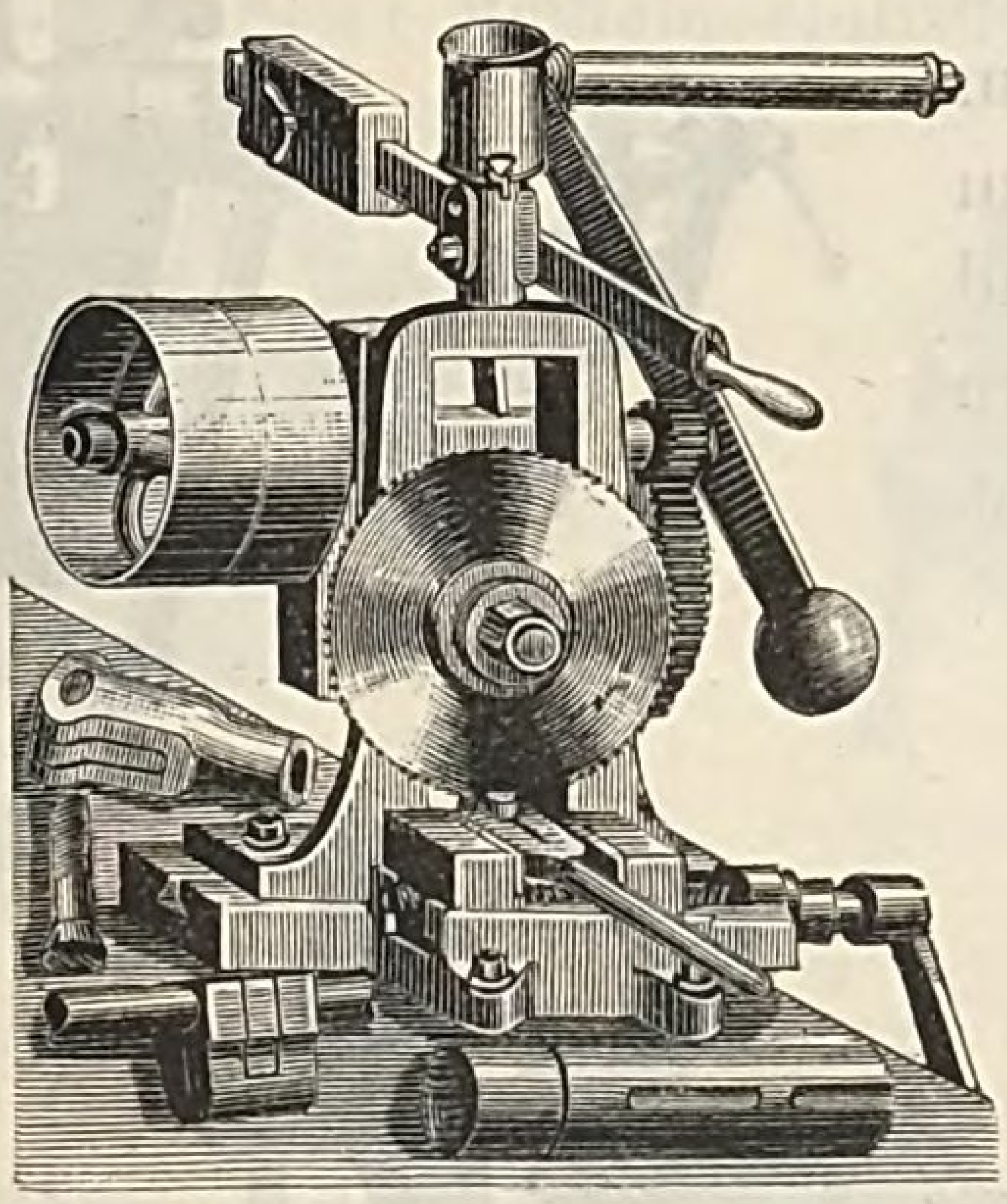
Der Merkwürdigkeit halber mag erwähnt werden, dass starke eiserne Schienen im hellglühenden Zustande leicht mittels einer rasch rotirenden Kreissäge zerschnitten werden, wobei die Säge in einem drehbaren Arm gelagert ist, der nach Art eines Pendels der Schiene genähert und wieder entfernt wird. Die Bewegung erhält dieselbe durch einen Riemen von einem Rade, welches concentrisch mit dem Drehpunkt des beweglichen Arms gelagert ist, so dass die Distanz von Rad und Säge in jeder Lage die gleiche ist. Selbst im Kleinen kann eine alte Holzsäge im Nothfalle dazu dienen, hellglühendes Schmiede- und Gusseisen zu durchsägen, sie muss aber sehr rasch bewegt werden, falls sie nicht allzustark durch die Hitze beschädigt werden soll.

Auch Kronbohrer finden für Metallarbeiten Verwendung, z. B. um aus starkem Eisenblech große kreisrunde Oeffnungen auszuschneiden. Manche starke eiserne Kassenschränke sind auf solche Weise angebohrt und geöffnet worden. Man dreht eine Spindel aus hartem Holz, versieht sie mit einem kurzen Zapfen, um welchen ein Sägeblatt gewunden und durch einen umgelegten Ring so befestigt wird, dass die Enden einige Millimeter von einander abstehen. Die Mitte des Zapfens erhält einen dünnen eisernen Führungsstift, welcher in ein vorgebohrtes Loch des Arbeitsstückes eingesetzt wird und bewirkt, dass sich die Säge beim Umdrehen der Spindel stets concentrisch bewegt und so eine große Kreisscheibe in verhältnismäßig kurzer Zeit gut ausschneidet.

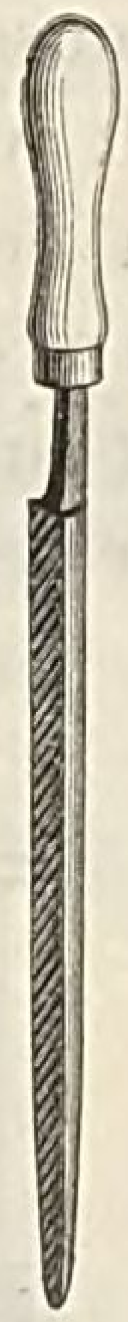
Zum Erzeugen breiterer Einschnitte, als sie mit der gewöhnlichen Metallsäge hervorzubringen sind, dient die Bogenfeile. Sie unterscheidet sich von ersterer nur dadurch, dass das Blatt etwas dicker ist und die Zähne nicht eingeschnitten, sondern eingemeißelt sind. In Folge dessen sind sie feiner und besitzen einen nach beiden Seiten etwas vorragenden Grat, der bewirkt, dass der Einschnitt hinreichend breiter als die Blattdicke ausfällt, um ein Klemmen zu vermeiden.

Zum Einstreichen der Schraubenköpfe dienen feingezahnte Sägen, welche nach Art eines Fuchsschwanzes (Rückensäge) in einem Griff befestigt sind.

Ebenso dienen zur Ausarbeitung der Zahnlücken bei kleinen Zahnrädern Einstreichfeilen, die ganz einer gewöhnlichen flachen Feile gleichen, indess nicht auf der breiten Fläche, sondern auf der schmalen gehauen, d. h. gezahnt sind. Wollte man mit einer solchen Feile etwa einen Trieb (kleines Zahnrad) ausarbeiten, so würde es vortheilhaft sein, gleichzeitig einen zweiten, in einiger Entfernung auf derselben Achse befindlichen Trieb auszuarbeiten, damit die Feile sicherer geführt werden kann und stets der Achse parallel bleibt.



130



131

Fig. 130—131.

11. Raspeln und Feilen.

Zum Ebnen gewölbter Flächen oder kleiner Facetten, welche der Bearbeitung mit dem Hobel nicht zugänglich sind, bedient man sich der Raspeln. Aehnlich wie die Sägen, sind sie mit vielen kleinen Zähnen versehen. Dieselben stehen indess nicht in einer Linie, sondern sind über eine größere Fläche vertheilt, die je nach Bedürfnis verschiedene Form hat. Am häufigsten im Gebrauch sind die halbrunden Raspeln (Fig. 131). Ein nach vorn verjüngter Stahlstab, dessen Querschnitt ein Kreissegment ist, ist längs seiner Oberfläche mit Zähnen versehen, und an einem Ende mittels einer Angel in einem Heft befestigt. Die Zähne sind ziemlich grob und stehen nicht sehr dicht, da sich sonst bald die Zwischenräume mit feinen Holzfäserchen ausfüllen und das Arbeiten unmöglich machen würden. In Folge dessen erhalten aber die bearbeiteten Gegenstände eine rauhe Oberfläche und müssen nachträglich mit einer Feile geglättet werden.

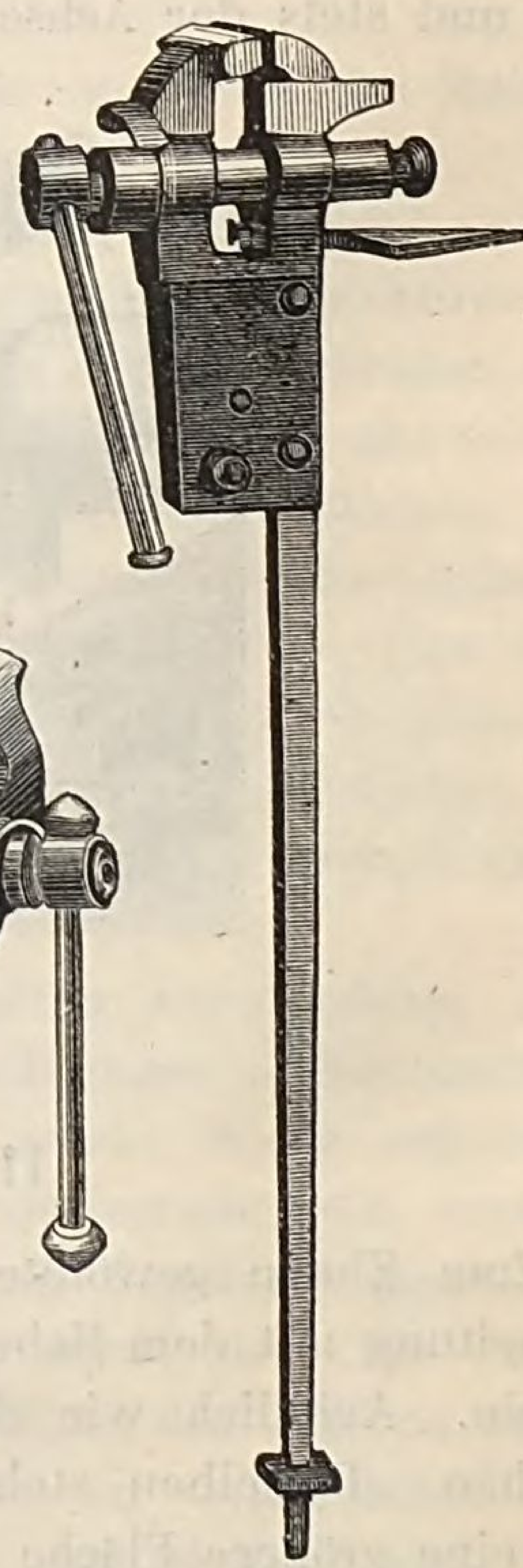
Die Feile unterscheidet sich von der Raspel nur dadurch, dass die Zähne nicht mittels einer Spitze erzeugt sind, sondern mittels eines Meißels, also in geradlinigen Reihen dicht gedrängt stehen und feiner sind. Der Bequemlichkeit halber versieht man zuweilen die Raspeln einerseits mit Raspel-, andererseits mit Feilenhieb.[1]

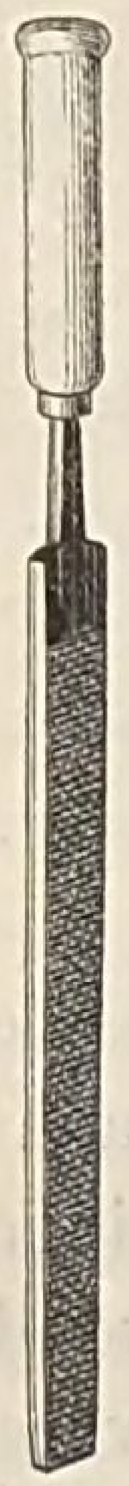
Außer der halbrunden Form sind noch hauptsächlich flache (Fig. 132) (rechteckige) und runde in Gebrauch.

Raspeln, welche zum Bearbeiten von Horn, Zinn und Blei dienen, besitzen nicht vereinzelte Zähne, sondern grobe Schneiden (Fig. 133), welche nicht durch Einschlagen eines Meißels erzeugt, sondern eingefräst und eingefeilt wurden. Beim Bleifeilen muss reichlich Wasser angewandt werden, um das Verschmieren der Feile zu hindern. Die Zinnfeilen sind besonders wichtig zum Säubern mit Zinn gelötheter Gegenstände,

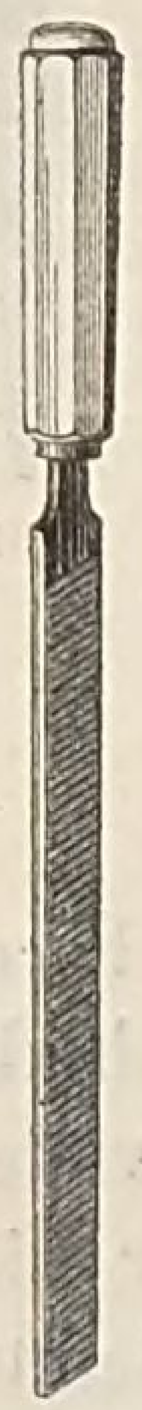


135

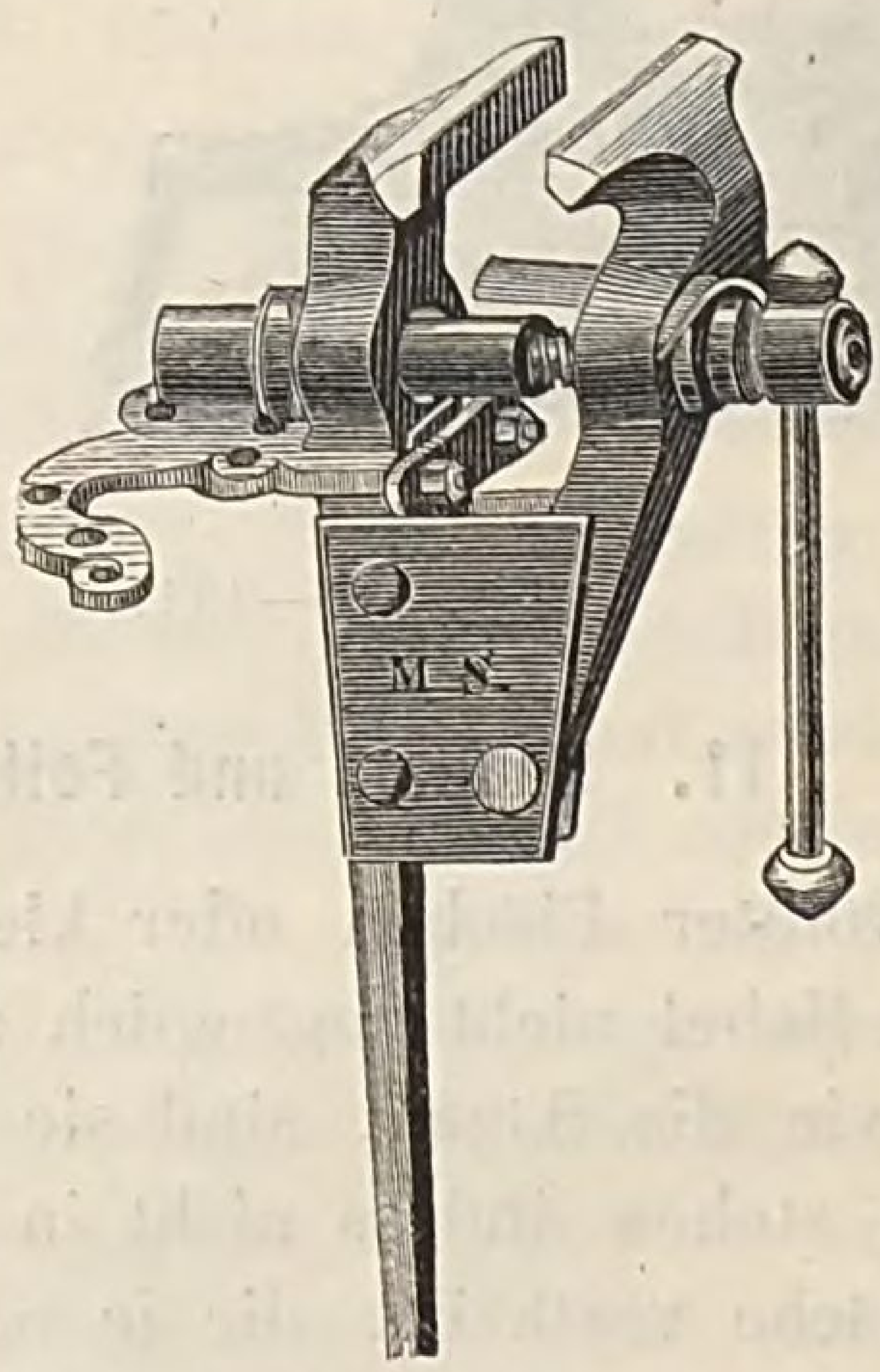




132



133



136

134

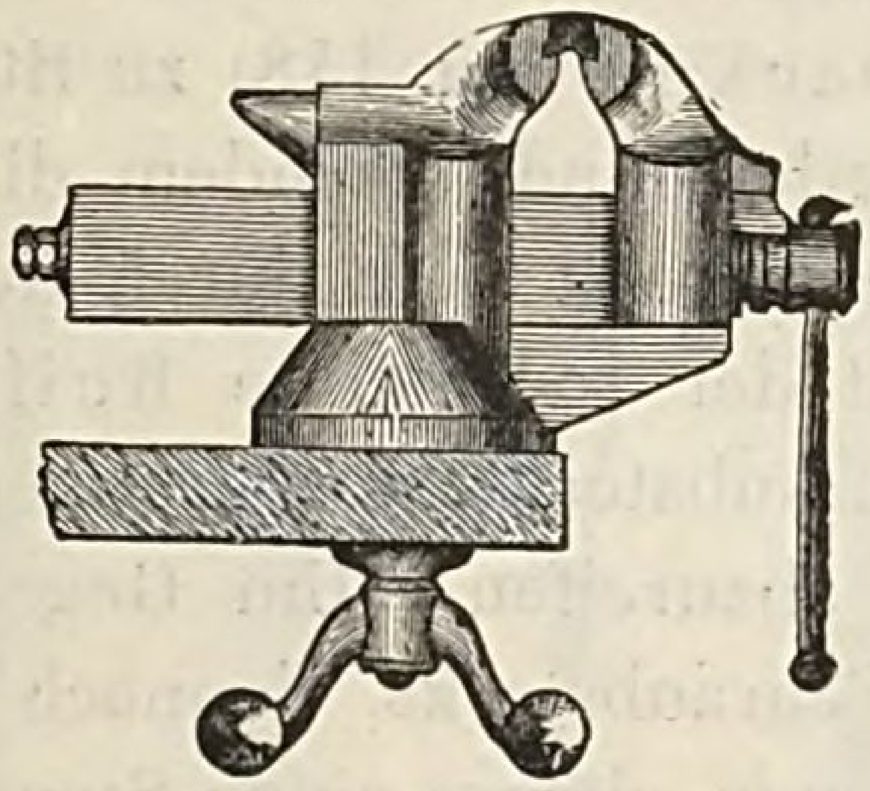
Fig. 132—136.

bei welchen das Zinn in größeren Massen aufgetragen werden musste, und auch bei Gusswaaren aus Zinn.

Hornfeilen werden häufig überhaupt nicht gehärtet, so dass man sie ähnlich wie eine Säge jederzeit nachfeilen, d. h. schärfen kann.

Zur Befestigung der Gegenstände während der Bearbeitung durch Raspel oder Feile dient der Schraubstock (Fig. 134), der für hölzerne Gegenstände zuweilen aus Holz gefertigt ist, in der Regel aber aus Eisen

besteht. Für die Bearbeitung der Metalle sind schwere eiserne Schraubstöcke ein Haupterfordernis und ganz unentbehrlich. Eine wesentliche Eigenschaft eines guten Schraubstocks ist die, dass die Backen genau zusammenpassen. d. h. beim Zudrehen der Schraube dicht aneinander anschließen und nicht hin- und hergedrückt werden können. Die Backen müssen da, wo sie den Gegenstand fassen sollen, gut gehärtet und mit feinen Zähnen versehen sein. Die Schraube muss zeitweise mit einer Mischung von Oel und Talg eingeölt und frei von Spähnen u. dergl. gehalten werden. Die Befestigung des Schraubstocks an der Werkbank und am Boden, wo derselbe mittels einer stielförmigen Verlängerung aufsteht, muss so zuverlässig sein, dass auch bei den heftigsten Erschütterungen, wie solche beim Meißeln eintreten, die Schrauben sich nicht


137

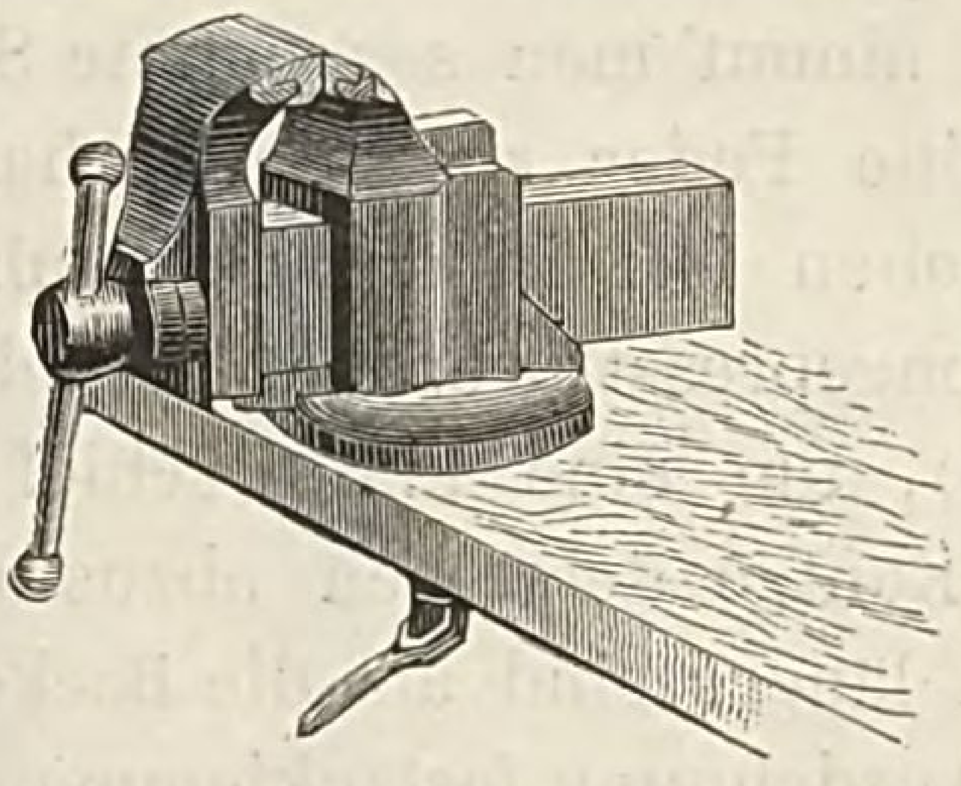
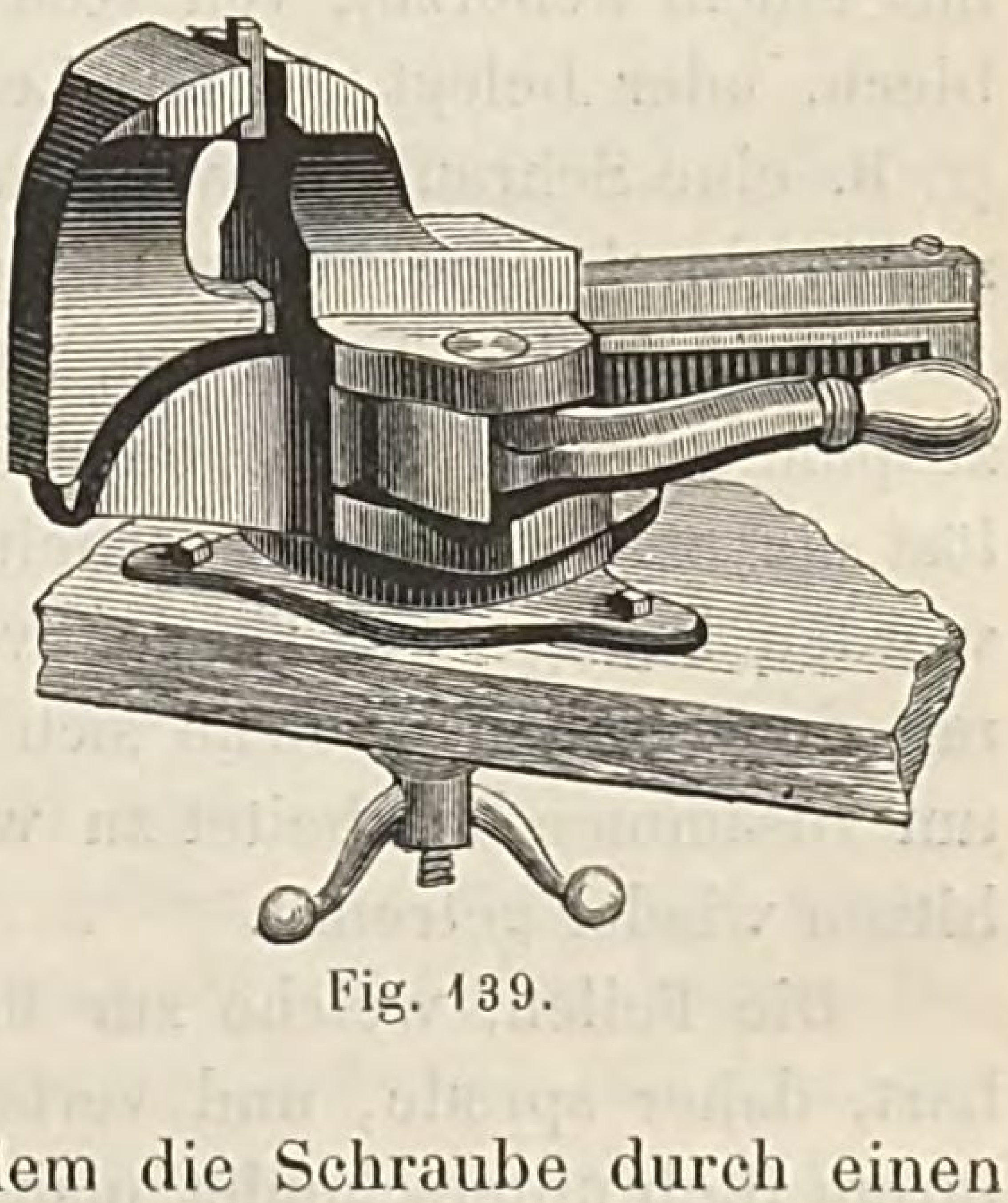

138

Fig. 137—138.

lösen und das Ganze locker wird. Für manche Zwecke ist es erwünscht, den Schraubstock nach Bedürfnis drehen zu können; man hat deshalb auch bewegliche, d. h. um eine verticale Achse drehbare Schraubstöcke. Dieselben sind für manche Arbeiten recht nützlich, für gewöhnliche Arbeiten ist aber der einfache, sicher befestigte Schraubstock vorzuziehen. Aehnliches gilt von den Parallelschraubstöcken (Fig. 137, 138), die ermöglichen, die Backen sehr weit auseinander zu ziehen, und gleichzeitig den Vortheil bieten, dass diese selbst bei der größten Verschiebung einander parallel bleiben und den Gegenstand gut fassen. Bei Stephen's Construktion (Fig. 139) ist außerdem die Schraube durch einen Excentermechanismus ersetzt, der gestattet, die Backen leicht auseinander zu ziehen und einfach durch den Druck auf einen Hebel fest gegen den Gegenstand anzupressen, wodurch viel Zeit gespart wird. Der zum Boden


Fig. 139.

gehende Stiel fehlt den Parallelschraubstöcken, so dass Meißeln in denselben nicht gut möglich ist.

Manche Schraubstöcke besitzen eine drehbare Backe, um auch keilförmige Gegenstände einspannen zu können. Es kommt dies indess selten vor, und man kann sich leicht durch Miteinspannen eines hölzernen Ergänzungskeils helfen.

Die kleinen losen Schraubstöcke, welche mittels einer Schraubzwinge an eine beliebige Stelle einer Tischplatte angeschraubt werden können (Fig. 135), sind zur Bearbeitung sehr kleiner Gegenstände wohl zu gebrauchen, für einigermaßen große versagen sie indessen, da ihre Masse zu klein ist, um den durch das Feilen erzeugten Erschütterungen genügend zu widerstehen.

Um Röhren haltbar in einem gewöhnlichen Schraubstock zu befestigen, nimmt man sogenannte Spannbacken (Fig. 148) zu Hülfe, die durch eine Feder zusammengehalten werden und, nachdem die Röhre eingeschoben ist, in den Schraubstock eingesetzt und durch denselben zusammengepresst werden. Aehnlich dient der sogenannte Reifkloben (Fig. 155), um eine Platte schief im Schraubstock zu befestigen, etwa um die Kanten derselben abzustumpfen, abzureifen. Um Gegenstände, die weit länger sind als die Backen des Schraubstocks, dennoch in ihrer ganzen Ausdehnung festzuklemmen, kann man ebenso einen Spannkloben mit sehr breitem Maul, oder einfach zwei genügend starke Flacheisenstücke zu Hülfe nehmen.

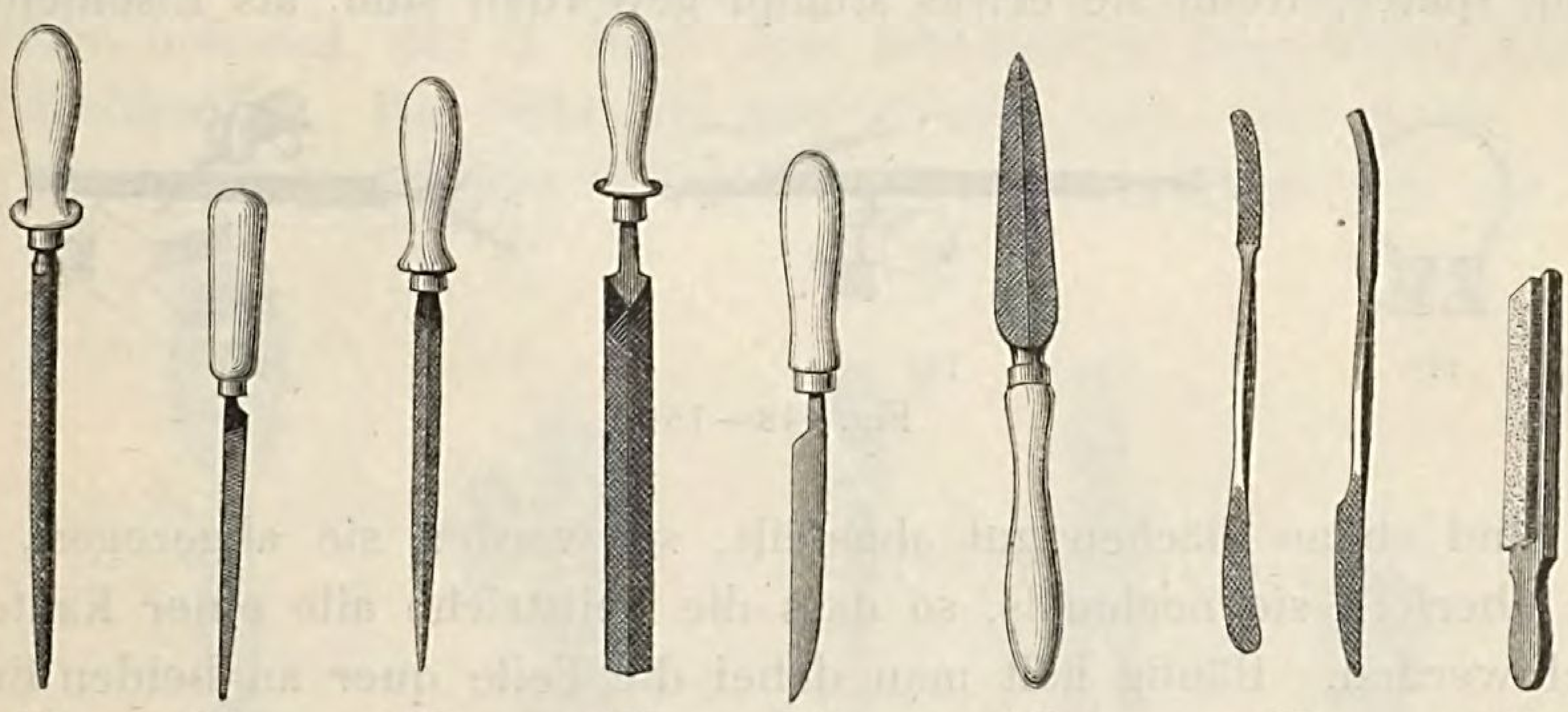
Sind Gegenstände einzuspannen, welche durch das Aufpressen der Schraubstockbacken beschädigt werden könnten, so bedeckt man letztere mit einem Ueberzug von weicherem Material, z. B. Kupfer- oder Messingblech, oder belegt sie mit Lederstreifen, oder klemmt den Gegenstand (z. B. eine Schraube) zwischen zwei Stückchen Holz oder Blei, die zweckmäßig durch eine Feder mit einander verbunden sind (Fig. 149).

Sehr kleine Theilchen, welche für sich nicht wohl mehr direkt einzuspannen sind, löthet oder kittet man an eine größere Masse fest und löst sie erst nach der Bearbeitung durch Erhitzen wieder ab. Desgleichen werden häufig zwei Theile, welche gut zusammenpassen sollen, zunächst mit den Flächen, welche sich berühren sollen, vorübergehend verlöthet, um zusammen bearbeitet zu werden, und erst nach Vollendung durch Erhitzen wieder getrennt.

Die Feilen, welche zur Bearbeitung der Metalle dienen, sind glashart, daher spröde, und verlangen deshalb sorgsame Behandlung. Nach ihrem Hieb unterscheidet man grobe oder Bestoßfeilen, Bastard- oder Vorfeilen, Halbschlicht- und Feinschlichtfeilen. Nach der Form kann man unterscheiden: flache, halbrunde, runde (Fig. 140), dreikantige (Fig. 142), vierkantige (Fig. 143) oder

Quadratfeilen, Messerfeilen (Fig. 144) (messerförmig), Vogelzungen (zungenförmig), Zahnfeilen (Fig. 145), Nadelfeilen für enge Oeffnung u. dergl. Riffelfeilen (Fig. 146) sind gebogene Feilen von sehr verschiedenartiger Form, zuweilen nur aus einem kurzen knopfartigen, nach Art einer Feile gehauenen Ansatz an einem längeren Stiel bestehend. Sie dienen insbesondere zur Bearbeitung vertiefter Stellen.

In allen Fällen muss man suchen, das Arbeitsstück durch Meißeln, Drehen etc. soweit vorzuarbeiten, dass nur noch wenig daran gefeilt werden muss, denn Feilen ist eine mühsame Arbeit und die Zähne der Feilen stumpfen sich rasch ab. Sind dieselben allzu stumpf geworden, so kann man ihnen durch Beizen in verdünnter Schwefelsäure wieder einigermaßen Schärfe verleihen. Ist dies Mittel unzureichend, so müssen sie abgeschliffen und frisch gehauen werden. Mit Messingspähnen verstopfte feine Feilen können durch rauchende Salpetersäure gereinigt



140 141 142 143 144 145 146 147

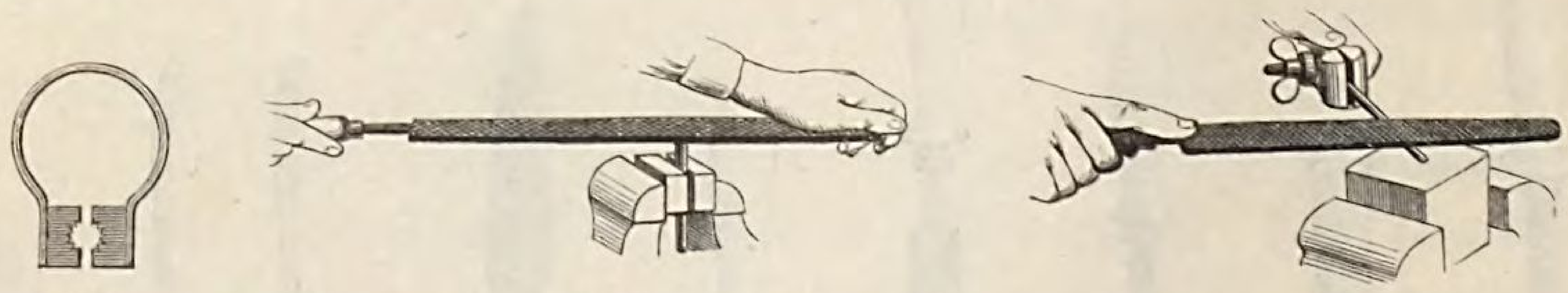
Fig. 140—147.

werden, im übrigen benutzt man zur Reinigung verstopfter Feilen Kratzbürsten, Feilbürsten (Fig. 147), welche aus Baumwollkratzen hergestellt sind. Mit eingetrocknetem Oel verstopfte Feilen werden mit Petroleum oder Naphtha oder in einem starken Dampfstrahl gesäubert.

Die Handhabung der Feile erfordert viele Uebung, wenn die Arbeiten sauber und brauchbar ausfallen sollen. Ist eine ebene Fläche herzustellen, so lasse man die Feile nicht immer nach einer Richtung gehen, sondern bald nach rechts schief, bald nach links, und hüte sich, ihr eine allzustark wiegende Bewegung zu geben, da sonst die Fläche convex wird. Da sich die wiegende Bewegung nie ganz vermeiden lässt, sind die Flächen der Feilen etwas convex gearbeitet, so dass die Fläche eigentlich schwach concav ausfallen müsste. Um sich zu überzeugen, ob die gefeilte Fläche wirklich eben ist, bedient man sich eines genau gearbeiteten Lineals, welches in verschiedenen Richtungen aufgelegt wird. Kleinere noch vorhandene Fehler corrigirt man mit Drei-

kantfeilen. Schließlich reibt man die Fläche auf einer genau ebenen, gusseisernen Platte, der sogenannten Richtplatte, unter Benutzung von etwas feinem Schmirgel. Man erkennt dann leicht die Stellen, welche noch vorragen und vertieft werden müssen. Sind zwei Flächen genau im Winkel zu einander zu feilen, so arbeitet man erst die eine völlig fertig, setzt den Winkel an und bearbeitet danach die zweite.

Gegenstände, welche noch die harte Gusshaut, Oxydschicht oder Schlackenüberzug u. dergl. besitzen, werden zuerst bis zur Entfernung dieser Schichten mit einer alten Feile bearbeitet, da die scharfen Zähne einer neuen hierdurch alsbald abgestumpft würden. Man halte auch die Feilen, welche für Messingarbeiten dienen, streng gesondert von den für Eisen benutzten; denn für Messing müssen dieselben sehr scharf sein, durch den Gebrauch auf Eisen würden sie aber diese Schärfe bald verlieren. Neue Feilen gebraucht man deshalb gewöhnlich zuerst als Messingfeilen, später, wenn sie etwas stumpf geworden sind, als Eisenfeilen.



148 149 150

Fig. 148—150.

Sind ebene Flächen gut abgefeilt, so werden sie abgezogen, d. h. man überfeilt sie nochmals, so dass die Feilstriche alle einer Kante parallel werden. Häufig hält man dabei die Feile quer an beiden Enden, handhabt sie also etwa wie ein Schnitzmesser (Ziehmesser).

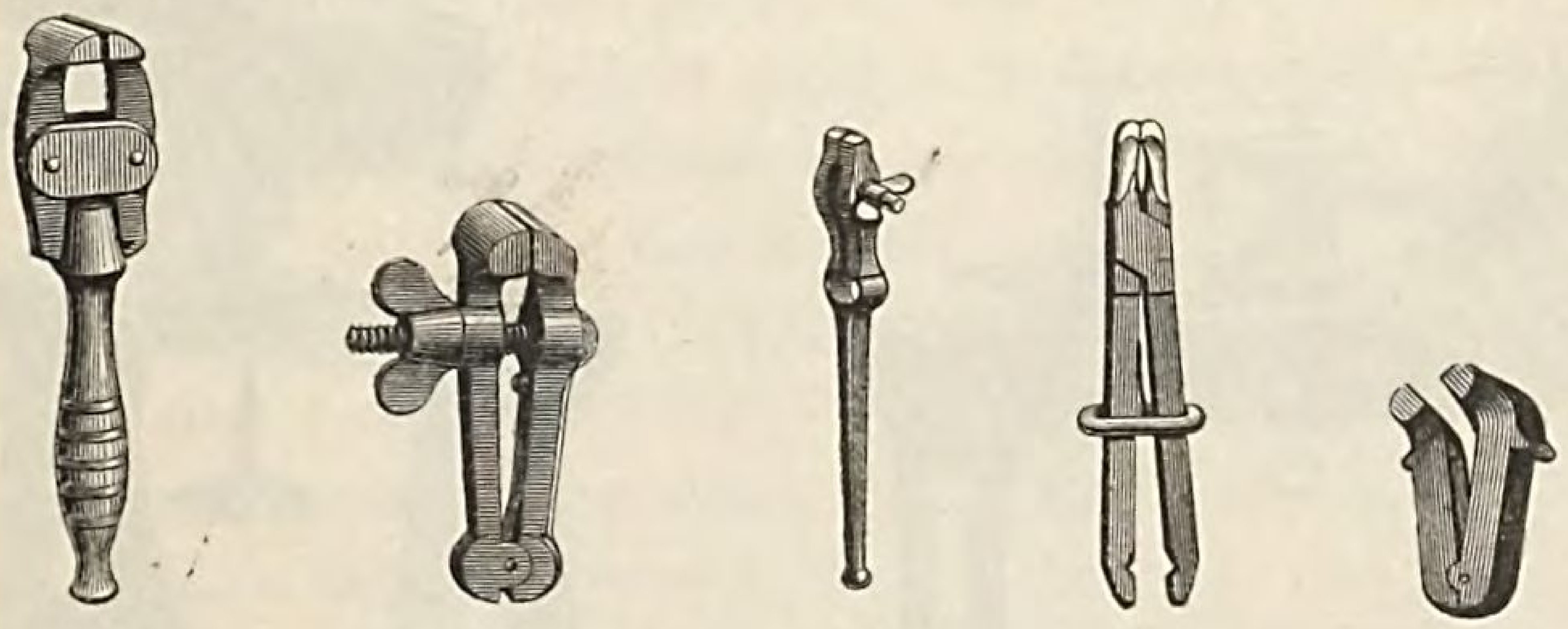
Soll ein Rundeisenstab blank gemacht werden, so befestigt man das eine Ende horizontal in dem Schraubstock, klemmt ihn nun zwischen zwei Flachfeilen, welche in voriger Art mit beiden Händen gefasst werden, und zieht diese unter häufig wechselnder Neigung wiederholt hin und her (Fig. 149).

Bei Eisen entstehen dadurch, dass sich die Spähne in der Feile festsetzen, auch bei Anwendung feiner Feilen Risse, so dass die gefeilte Fläche nicht schön glatt wird. Man vermeidet dies durch Aufgeben einiger Tropfen Oel, welches das Ankleben der Spähne hindert, außerdem mit denselben einen Brei bildet, der die Feile etwas verstopft und somit schwächer zur Wirkung kommen lässt. Sind kleinere Gegenstände rund zu feilen, z. B. Drahtenden dünner zu feilen und conisch zuzuspitzen, so klemmt man sie nicht in den Schraubstock ein und führt die Feile ringsherum, sondern man hält sie mittels eines Feilklobens (Fig. 152) auf ein Holzklötzchen, sogenanntes Feilholz (Fig. 150), welches in den Schraubstock eingespannt und mit einer Nuth versehen wird,

von solcher Tiefe, dass der zu feilende Draht etwa zur Hälfte seiner Dicke darin einsinkt. Während des Feilens dreht man ihn nun möglichst gleichmäßig in dieser Nuth um, so dass er sich gleichwohl rundet und nirgends eine Kante stehen bleibt. Da das Feilholz sehr oft gebraucht wird, ist es zweckmäßig, dasselbe durch ein kleines Kettchen dauernd mit dem Schraubstock zu verbinden. Für lange Drähte hat man gestielte Feilkloben (Fig. 151), deren Stiel durchbohrt ist; für besonders feine dienen die Stielklöbchen (Fig. 153) und Nadelzangen (Fig. 154).

Gedrehte Gegenstände, welche durch Feilen in der Regel von den rauhen Furchen des Drehstahls befreit und völlig fertig gearbeitet werden, lässt man auf der Drehbank umlaufen und handhabt die Feile gerade so, als hätte man eine ebene Fläche anzufeilen.

Zum Anfeilen ebener Facetten in genau vorgeschriebener Lage kann man der Feile eine Führung geben, indem man sie mittels Federn auf einem Schlitten befestigt, der in einer zum Arbeitsstück festgelegten Richtung verschiebbar ist. Die Feile gibt dem Drucke nach, bis sie die vorgeschriebene Fläche erreicht hat. Von diesem Punkte an wird sie durch



151 152 153 154 155

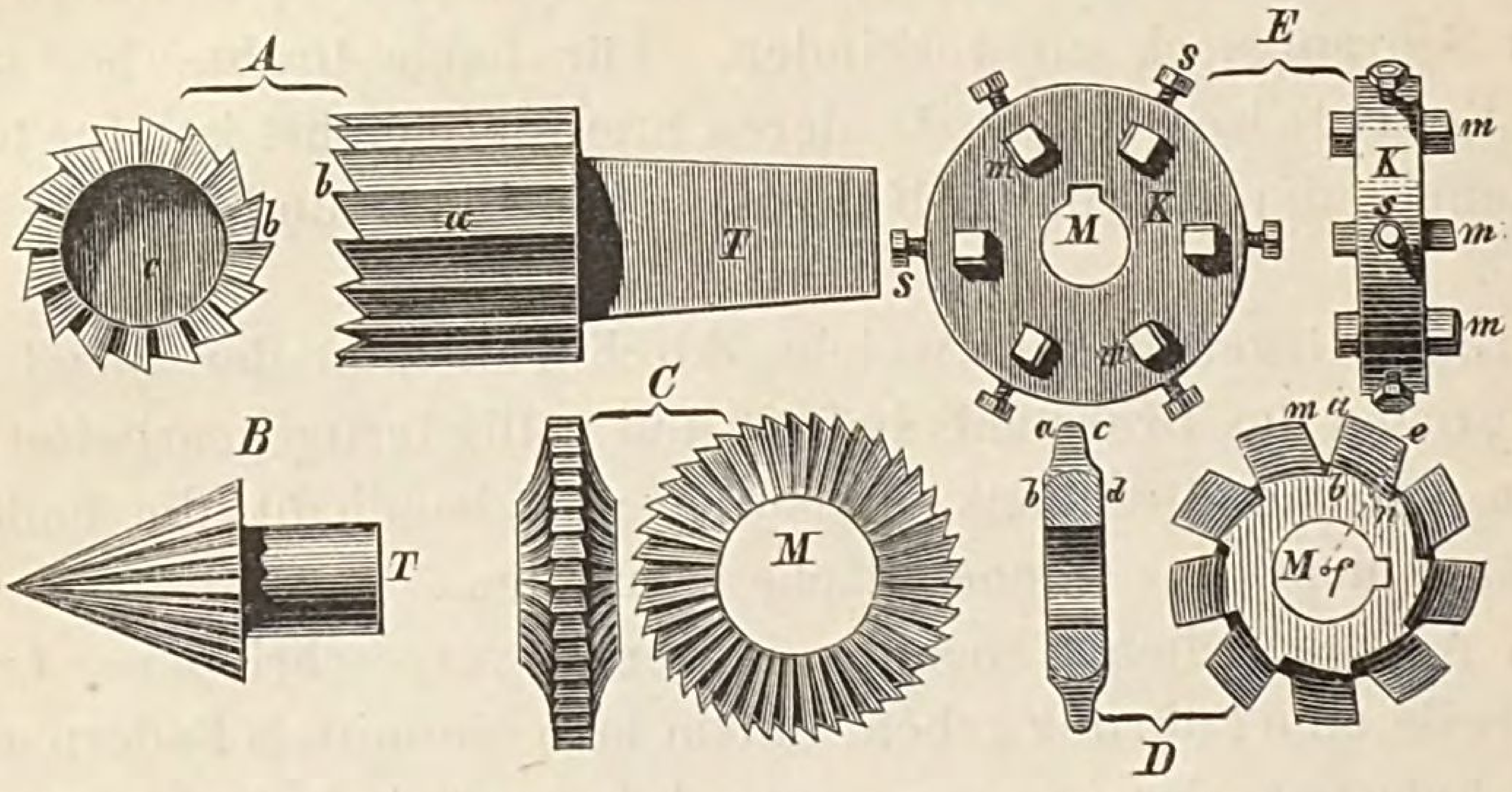
Fig. 151—155.

hemmende angeschraubte Stifte gehindert, weiter in das Arbeitsstück einzudringen.

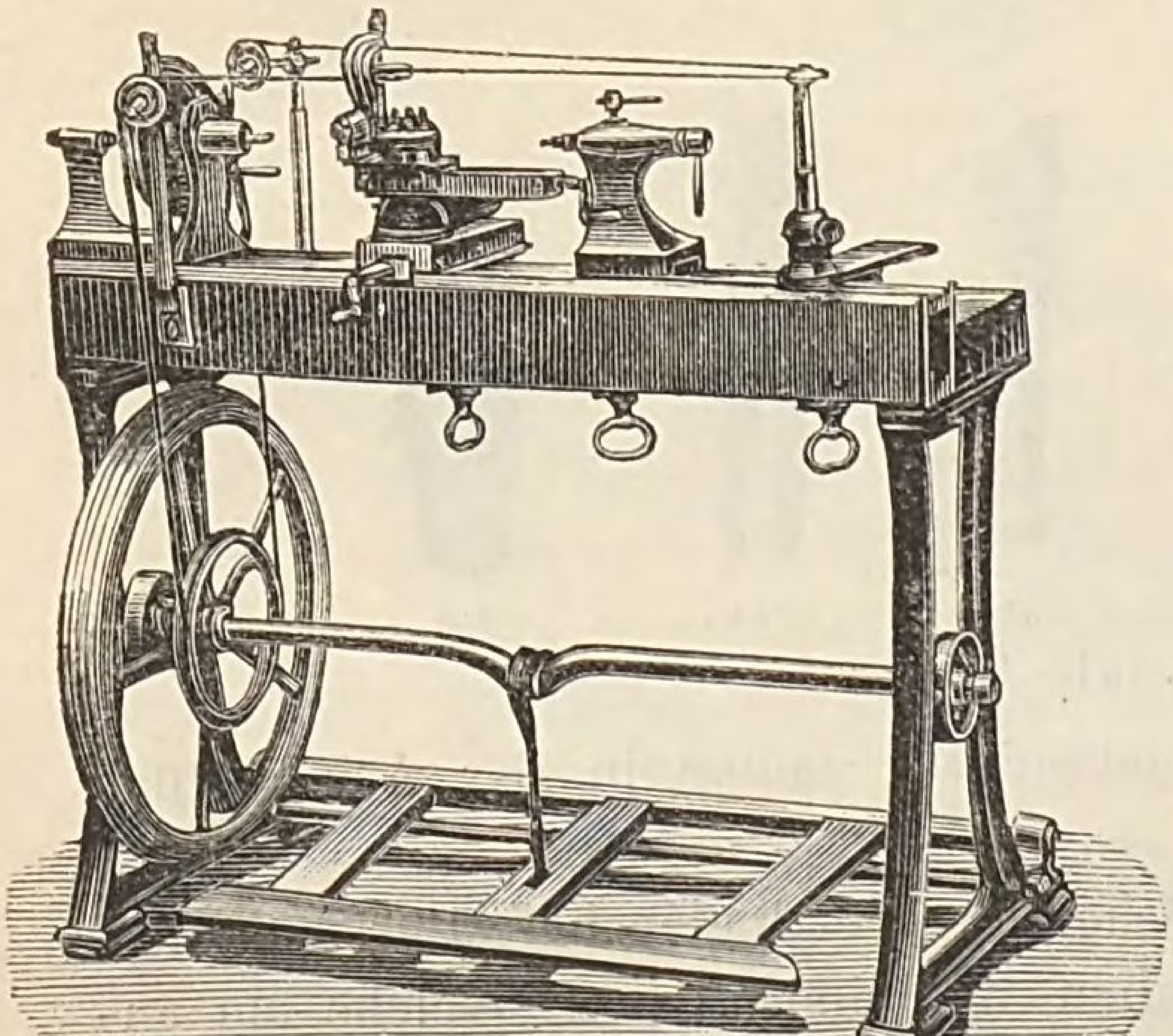
Zur Herstellung verzahnter Scheiben oder Räder befestigt man dieselben (durch Löthen oder Schrauben) auf einer Achse, welche am anderen Ende eine Theilscheibe trägt, d. h. eine runde Blechscheibe, in welche in gleichmäßigen Abständen so viele Löcher eingebohrt sind, als man Lücken in das Rad einfeilen will. Durch einen Stift, welcher in ein solches Loch eingesteckt wird und gewöhnlich in einem beweglichen Arm befestigt ist, lässt sich die Scheibe in den verschiedenen Lagen feststellen. Die Feile erhält dann analog dem vorigen Falle eine Führung, welche sie nöthigt, stets genau an derselben Stelle relativ zu dem Stift und zu derselben Tiefe einzudringen.

Zweckmäßiger bedient man sich indess zum Räderschneiden und auch zum Bearbeiten von Facetten der Fräsen.

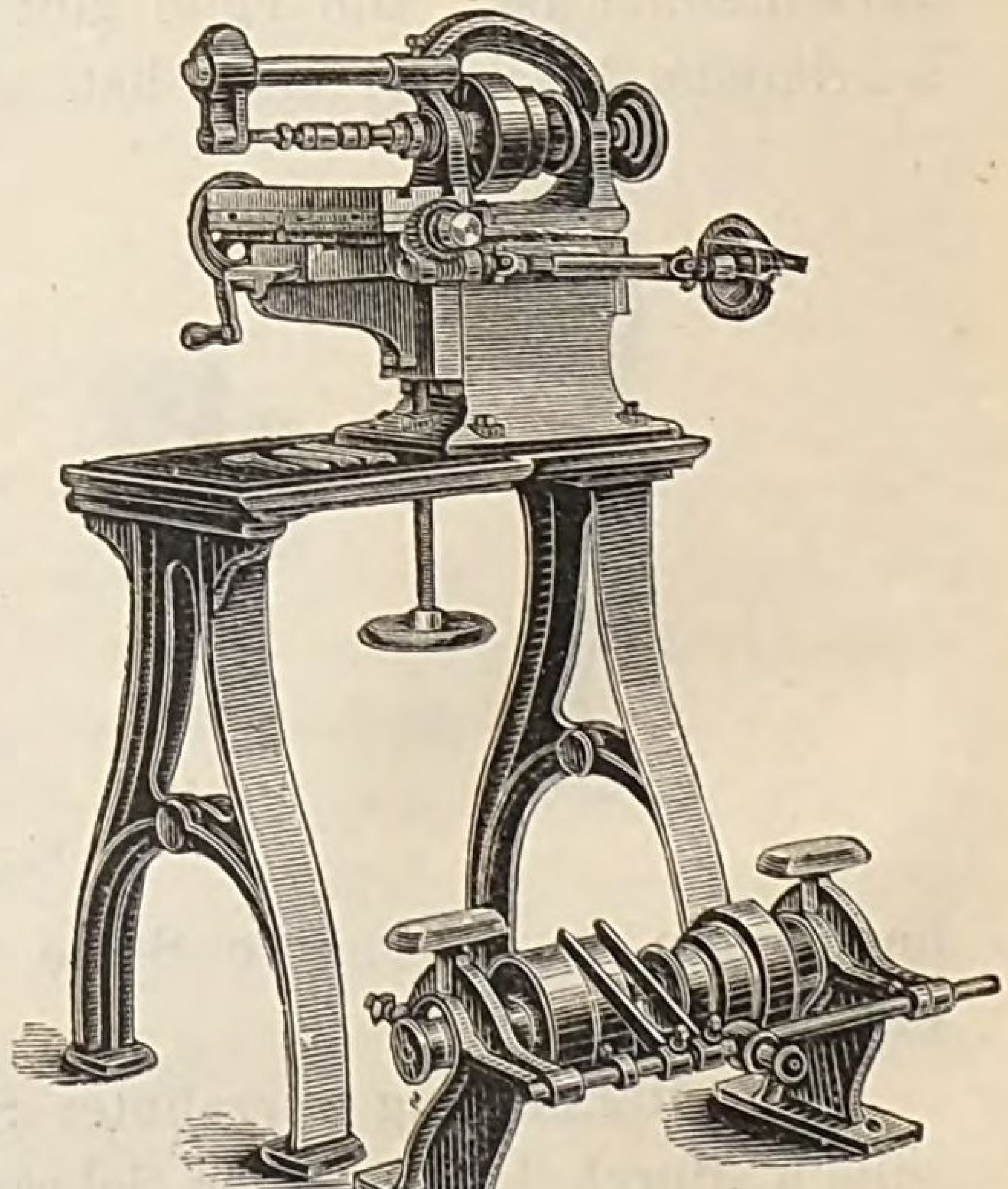
Die Fräse ist im wesentlichen eine rotirende Feile, ein gezahntes, gehärtetes Stahlrädchen, in anderen Fällen ein verschieden geformter Stahlkörper (Fig. 156), dessen Zähnchen je nach Bedürfnis sehr fein wie die einer Feile sind oder gröber wie die einer Säge oder sehr grob,



156



157



158

Fig. 156—158.

so dass das Rädchen einen Stern mit nur wenig Strahlen darstellt, ja in vielen Fällen ist gar nur ein einziger Zahn vorhanden, der aber wie das Rädchen um eine zu ihm senkrecht stehende Achse rotirt und in dieser verstellbar befestigt ist, ähnlich wie der Meißel der früher beschriebenen Bohrwelle. Die Achse wird auf dem Support in geeigneter Weise befestigt und erhält durch eine über Rollen geführte Schnur vom Schwungrade der Drehbank ihre Bewegung (Fig. 157). Das zu verzahnende Rad

wird an die Spindel befestigt, und ebenso auch die Theilscheibe; der Stellstift dagegen an dem Spindelstock. Man stellt auf ein bestimmtes Loch der Theilscheibe ein und führt die Fräse mittels des Supports dem Arbeitsstück entgegen, bis sie zu gewünschter Tiefe eingedrungen ist, dann wird sie zurückgezogen, der Stift in ein zweites Loch der Theilscheibe eingestellt u. s. w. Damit die Zähne sämmtlich von gleicher Höhe werden, bringt man am Support eine geeignete Hemmung an, welche verhindert, daß die Fräse zu weit vorgeschoben werde. Zur Fabrikation im großen hat man besondere Räderschneidmaschinen, welche übrigens auf gleichem Prinzip beruhen.

Um schließlich die Kanten abzurunden (zu wälzen), nimmt man eine andere Fräse, welche so gestaltet ist, dass sie den Zähnen gerade die richtige Gestalt gibt. Bei den Wälzmaschinen ist dafür gesorgt, dass sich jeweils nach einem Umlauf der Fräse das Rad um einen Zahn selbstthätig verschiebt, so dass ein Einstellen mit der Theilscheibe nicht mehr nöthig ist.

Die Anwendung, welche Fräsen in neuerer Zeit finden, sowohl zur Bearbeitung von Holz, wie Metall und anderer Materialien, ist eine außerordentlich mannigfaltige. Sie gestatten, die Arbeiten, welche mühsam im einzelnen gedreht oder gefeilt werden müssten, z. B. Nuthen, ebene Endflächen u. dergl. mit Leichtigkeit und größter Genauigkeit herzustellen. Leider ist aber die Herstellung einer guten Fräse selbst mit beträchtlichen Schwierigkeiten verknüpft, und zudem erfordert fast jeder einzelne Fall seine besondere Fräse, so dass für die Arbeiten des Physikers, abgesehen vom Räderschneiden und der exacten Herstellung ebener Flächen an kleinen Metallklötzchen, ihre Bedeutung nur gering ist.

Zum Umtreiben der Fräsen dient für kleinere Arbeiten in der Regel die Drehbank, für größere eine besondere Maschine, die Fräsmaschine (Fig. 158).

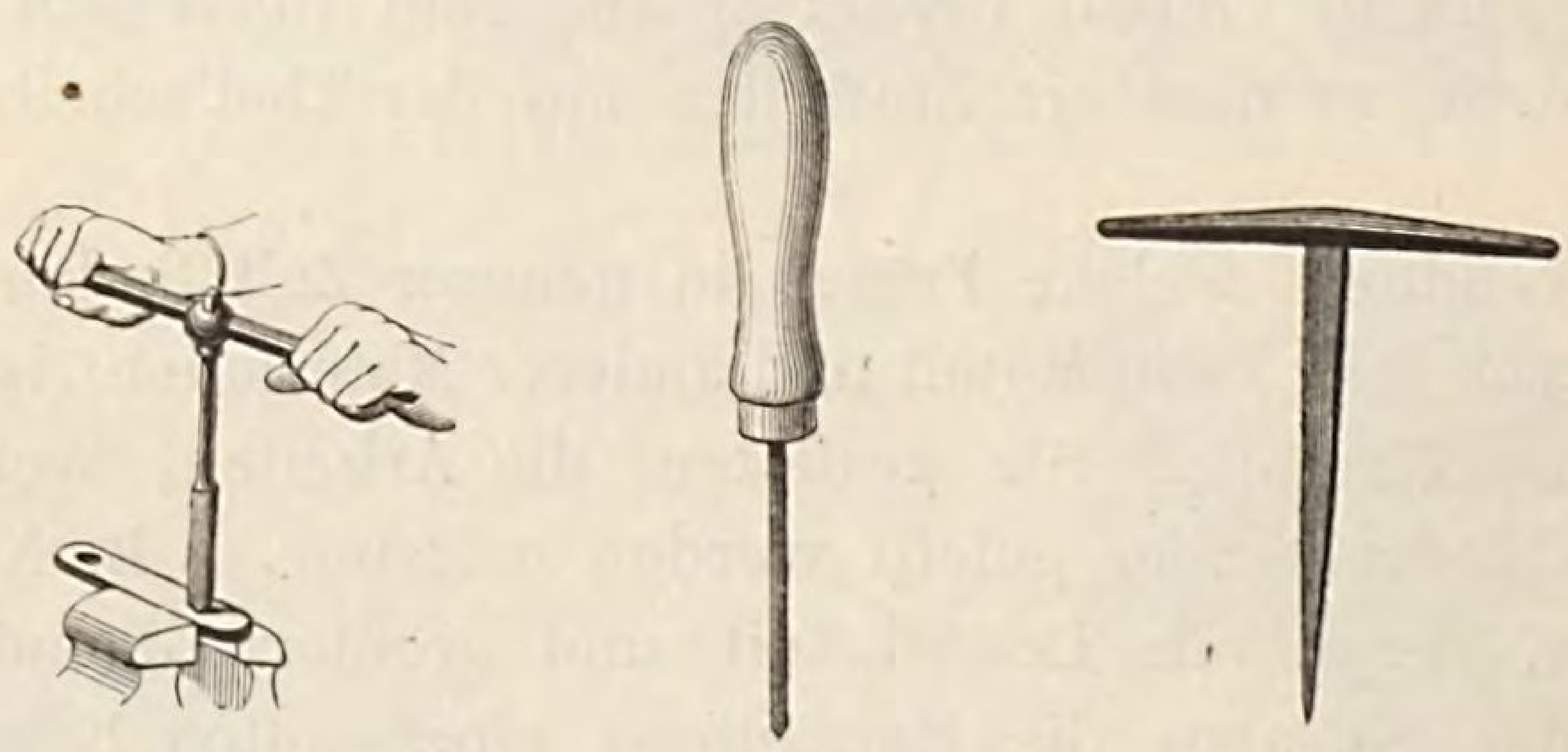
Eine Fräse, welche gewöhnlich von Hand, nämlich mittels der Bohrwinde in Bewegung gesetzt wird, ist der Versenkbohrer (Fig. 159). Er hat die Bestimmung, Löcher zur Aufnahme flacher Schraubenköpfe flach conisch zu erweitern, und wird sowohl für Holz-, wie für Metallarbeiten gebraucht. Aehnliche Fräsen stellt man sich zuweilen zum Erweitern enger Löcher her oder zur Erzeugung von Langlöchern, in welchem Falle dann die Fräse durch die Drehbank oder die Fräsmaschine in Umdrehung versetzt und das Arbeitsstück mit dem Support verschoben wird.


Fig. 159.

Bei Klötzchen bearbeitet man die größeren Seitenflächen durch Abdrehen auf der Kittscheibe, die kleineren mit einer Fräse, längs welcher man das Klötzchen mittels des Supports vorbeischiebt.

12. Schaben und Schleifen.

Die letzterwähnten Versenkbohrer und Fräsen bilden den Uebergang zu den Reibahlen, welche zum Erweitern und Glätten gebohrter Löcher dienen. Die größeren sind cylindrische, sehr schwach verjüngte Stahlstäbe mit einigen einseitig oder vielen gleichmäßig auf dem ganzen Umfang eingearbeiteten Furchen, welche ähnlich wie bei einer Fräse Schneiden bilden, die beim Umdrehen des Instruments in dem Bohrloche kleine Spähnchen abschaben und gleichzeitig das Metall etwas comprimiren und dadurch dichter machen. Das Umdrehen geschieht in der Regel mittels eines Wendeeisens, ähnlich wie das Einbohren eines Gewindebohrers (Fig. 160).



160 161 162

Fig. 160—162.

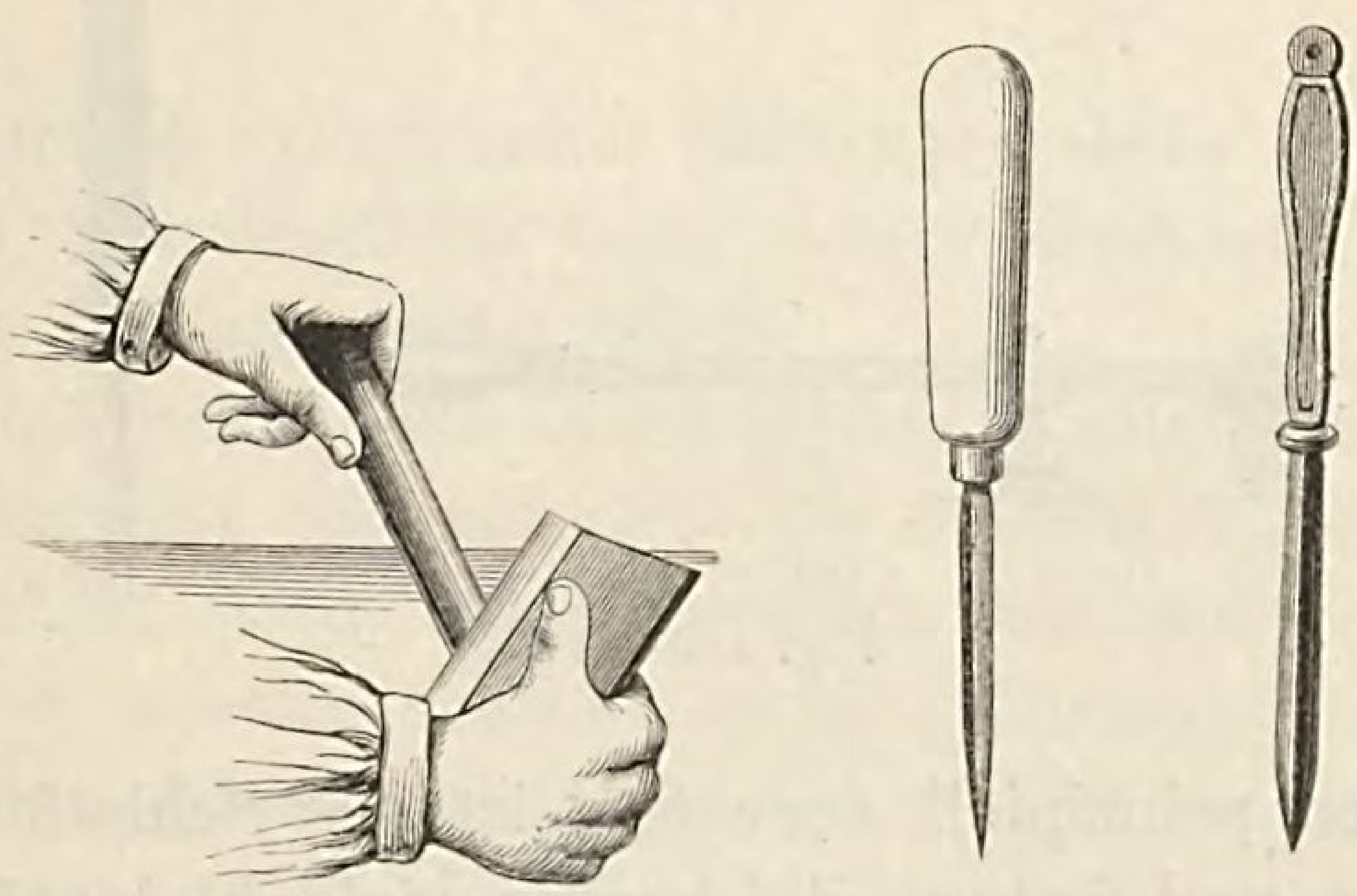
Reibahlen für kleine Löcher (Fig. 161) werden prismatisch gestaltet, gegen das Ende ebenfalls schwach verjüngt und zwar am vortheilhaftesten regelmäßig fünfkantig, so dass also der Querschnitt ein regelmäßiges Fünfeck darstellt. Das Umdrehen erfolgt nicht mehr mittels eines Wendeeisens, sondern mit dem Feilkloben oder mittels eines hölzernen Hefts oder mit der Drehbank. Gewöhnlich bohrt man sie nach einander von beiden Seiten des Loches ein, damit nicht die eine Oeffnung enger ausfalle, als die andere. Die Oeffnungen werden so allerdings etwas weiter als der mittlere Querschnitt des Loches, doch ist der Unterschied unbedeutend und meist ohne Belang.

Um Löcher in Bandeisen zu erweitern, gebraucht man wohl auch ganz roh gearbeitete vierkantige Reibahlen mit Querstab als Griff (Fig. 162).

Conische Löcher, wie z. B. die Bohrungen von Messinghähnen, werden mit entsprechenden stark conischen Reibahlen ausgerieben. Zuweilen verwendet man auch hierbei vierkantige Reibahlen, deren Seiten mit Höhlungen versehen sind, in welche man mittelstarkes Holz einkeilt, um dadurch der Reibahle eine Führung zu geben und sie an zu starker Wirkung zu hindern.

Die glättende Wirkung von Reibahlen beruht darauf, dass sie mehr schabend als schneidend wirken, also die Spähnchen nicht losreißen, sondern abdrücken und dadurch die bearbeitete Fläche gleichzeitig comprimiren und dichter machen. Allgemein werden schabende Werkzeuge dazu benutzt, Gegenstände, die mittels des Hobels, der Feile u. dergl. hergestellt sind, völlig zu glätten, die kleinen noch übrigen Erhöhungen und Vertiefungen, Feilstriche, Rauhigkeiten u. dergl. zu beseitigen.

Zum Schaben oder Abziehen von Holzwaaren dient einfach ein schräg aufgesetzter Glasscherben oder die sogenannte Ziehklinge (Fig. 163), d. h. ein rechteckiges federhartes Stahlblech, dessen Ränder so geschliffen sind, dass die schmalen Seitenflächen genau rechtwinklig zu den breiten Flächen stehen und mit diesen sehr scharfe Kanten bilden. Dieselben werden durch Abziehen mittels eines glasharten Stahls (glatt geschliffene Feile) noch etwas verschärft, so dass sie einen feinen, gegen die breite Fläche aufstehenden Grat erhalten, der von Zeit zu Zeit erneuert



163 164 165

Fig. 163—165.

wird. Man führt die Ziehklinge frei in der Hand und zieht sie in schräger Richtung nach dem Laufe der Fasern über das Holzstück hin. Man stellt dabei die Kante nicht ganz rechtwinklig, sondern etwas schief zu den Fasern. Bequem ist es, wenn die eine in der Hand gehaltene Kante der Ziehklinge in ein Heft gefasst ist oder wenigstens durch einen eingelegten Bleistreifen und dergleichen abgestumpft wird.

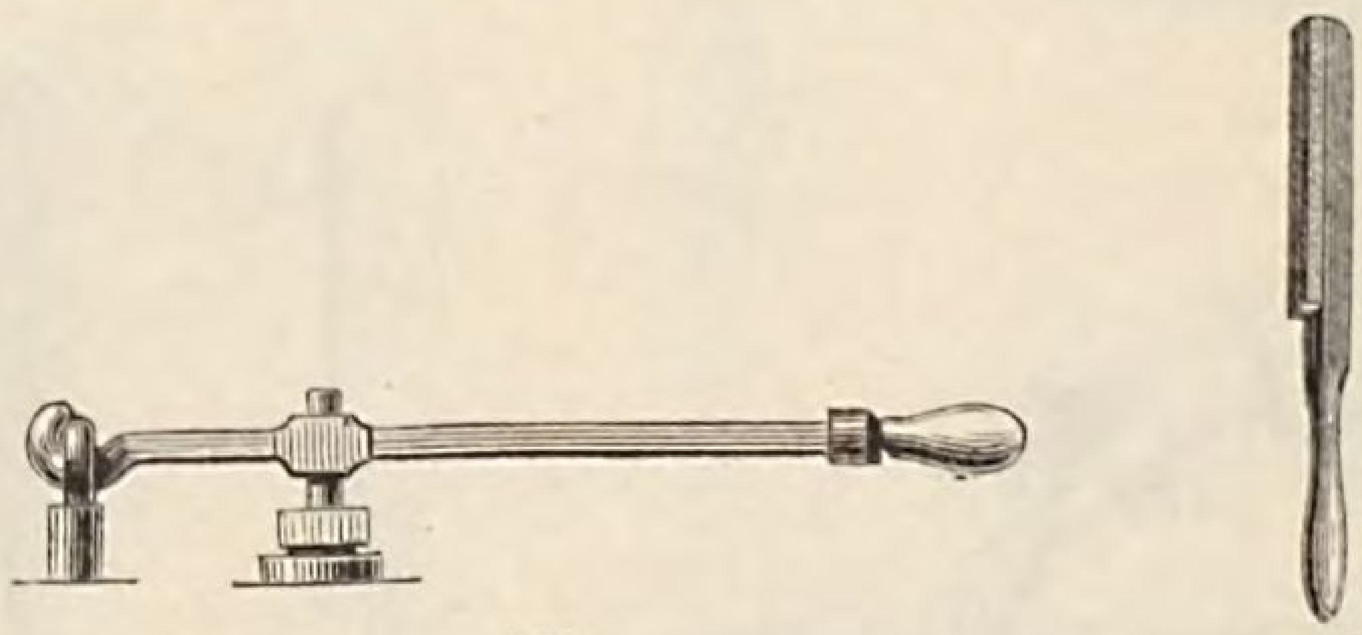
Außer zum Glätten neuer Holzarbeiten sind die Ziehklingen auch sehr nützlich zum Beseitigen von alten Farbanstrichen, Schmutz u. dergl., welche Hobel und Feile verstopfen und daher zunächst abgeschabt werden müssen.

Auch zum Schaben von Zinn- und Bleigegenständen sind Schaber nach Art der Ziehklingen in Gebrauch. Zum Abschaben von Löthzinn gebraucht man drei- oder vierkantige Schaber (Fig. 164 und 165), welche einfach durch Abschleifen einer drei-, resp. vierkantigen Feile

erhalten werden können. Die im Handel zu beziehenden haben gehöhlte Flächen, so dass das Schleifen weniger Mühe verursacht, da nicht jeweils die ganze Fläche abgeschliffen werden muss.

Kupferschmiede gebrauchen Schaber, die mit langem, zuweilen hakenförmig gebogenem Stiel versehen sind, um auch in das Innere von Gefäßen eindringen zu können.

Sehr häufig wird ferner das Schaben statt des Feilens bei Messinggusswaaren angewendet. Um genügende Kraft anwenden zu können, ist der Schaber an einem langen einarmigen Hebel in der Nähe des Drehpunktes befestigt (Fig. 166), so dass eine beträchtliche Uebersetzung stattfindet. Das Gelenk, um welches sich der Hebel dreht, wird einfach von einem in der Werkbank befestigten Ring gebildet. Mit der Rechten fasst der Arbeitende den hölzernen Griff des Hebels, mit der Linken hält er ein gegen die Kante der Werkbank gestütztes Stück Holz, auf welches der zu schabende Gegenstand aufgelegt wird.



166 167
Fig. 166—167.

Dem Schaben prinzipiell verwandt ist das Schleifen. Aehnlich wie bei Sägen, Feilen und Fräsen gleichzeitig viele kleine Zähne wirken, so auch beim Schleifen. Die Schabzähnchen bestehen aber nicht aus Metall, sondern aus Glas, Schmirgel und dergl. Körpern in mehr oder minder fein pulverisirtem Zustand. Um die einzelnen Körnchen festzuhalten und gegenseitig mit einander zu verbinden, werden sie auf Papier oder Leinwand aufgeklebt (Sand-, Glas-, Schmirgel-, Bimssteinpapier, Schmirgelleinen) oder in einen zähen Körper eingerieben (Pech, Leder, Holz, Blei, Kupfer, Stahl [letzterer für Diamant]), oder man verwendet natürliche und künstliche Aggregate (Sandstein, Wetz-Schiefer, Kansasschleifstein, türkischen Oelstein, künstliche Abziehsteine und Schmirgelscheiben). Korke werden, wie schon früher bemerkt, nass auf einem Sandsteine geschliffen.

Zum Abschleifen von Holzarbeiten dient hauptsächlich Glaspapier, für sehr feine Arbeiten Sepia, für grobe auch Feuerstein- oder Sandpapier. Für Metalle wird Schmirgelpapier gebraucht und zwar in verschiedenen Sorten, bis zu äußerst feinem, welches glänzend polirte Flächen erzeugt. Sind ebene Flächen oder cylindrische (auf der Dreh-

bank) abzuschmirgeln, so wickelt man das Schmirgelpapier um eine feine Feile oder klebt es auf ein feilenartig gestaltetes Stück Holz. Die Handhabung einer solchen Schmirgelfeile geschieht wie die einer gewöhnlichen. Statt mit Schmirgelpapier überzieht man sie auch mit Leder und bestreicht dieses mit Schmirgel und Oel. Im Handel sind ferner Schmirgelfeilen (Fig. 167) zu erhalten, welche mit einer dickeren Lage einer Schmirgelcomposition analog derjenigen der Schmirgelschleifsteine bedeckt sind. Für feinere Arbeiten verwendet man glatte Feilen aus weichem Stahl (abgeschliffene und weichgemachte alte Feilen), Zink oder einer Legirung (Compositionsfeilen), auf welche das Schleifpulver mit Oel vermischt aufgestrichen wird.

Sehr häufig dienen zum Schleifen cylindrischer Gegenstände die Schleifkluppen, d. h. zwei durch ein Charnier verbundene Holzstäbe, welche mit Aushöhlungen zur Aufnahme des Gegenstandes verbunden sind. Man gibt etwas Schmirgel mit Oel auf, lässt den Gegenstand auf der Drehbank umlaufen und klemmt die Kluppe mit der Hand zusammen.

Zum Ausschleifen cylindrischer Höhlungen dient gewöhnlich ein gut angepasstes, mit Schmirgelbrei bestrichenes Bleistück, welches mittels der Bohrwelle in Umlauf gesetzt wird.

Soll ein cylindrischer Stab einen Strich parallel der Achse erhalten, so spannt man ihn fest ein und zieht die Schleifkluppe, welche nun an beiden Enden gefasst wird, längs desselben hin und her.

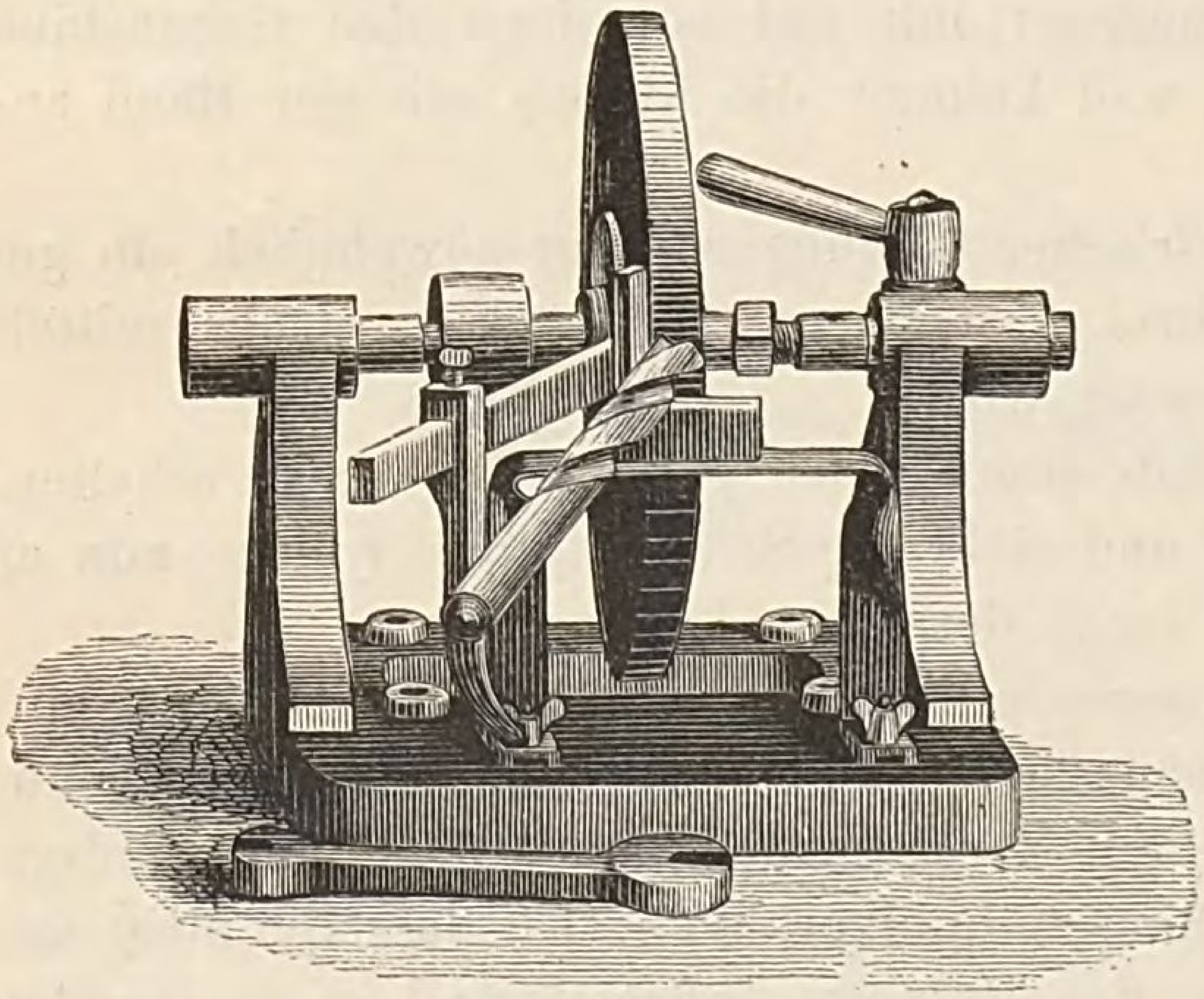
Ebene Platten werden gegenseitig mit Schmirgel und Oel auf einander abgeschliffen, ebenso conische Zapfen, welche genau in entsprechende Höhlungen einpassen sollen. Für Messinghähne ersetzt man den Schmirgel durch feines geschlämmtes Bimssteinpulver, weil sich dasselbe nicht wie der Schmirgel in die Poren des Messings festsetzt und so rasche Abnutzung herbeiführt.

Stets muss man beim Schmirgeln erst gröbere, dann stufenweise feinere Sorten anwenden und erst zu einer feineren Sorte übergehen, wenn die Oberfläche ein gleichmäßiges Aussehen erlangt hat. Es muss ferner der Gegenstand vor dem Uebergehen zu einer feineren Sorte sehr sorgfältig gereinigt werden, da ein vereinzeltes Körnchen der gröberen Sorte unter der feineren sehr störende Risse in der Oberfläche erzeugt. Aus gleichem Grunde müssen auch die Schmirgelfeilen sorgfältig rein gehalten werden.

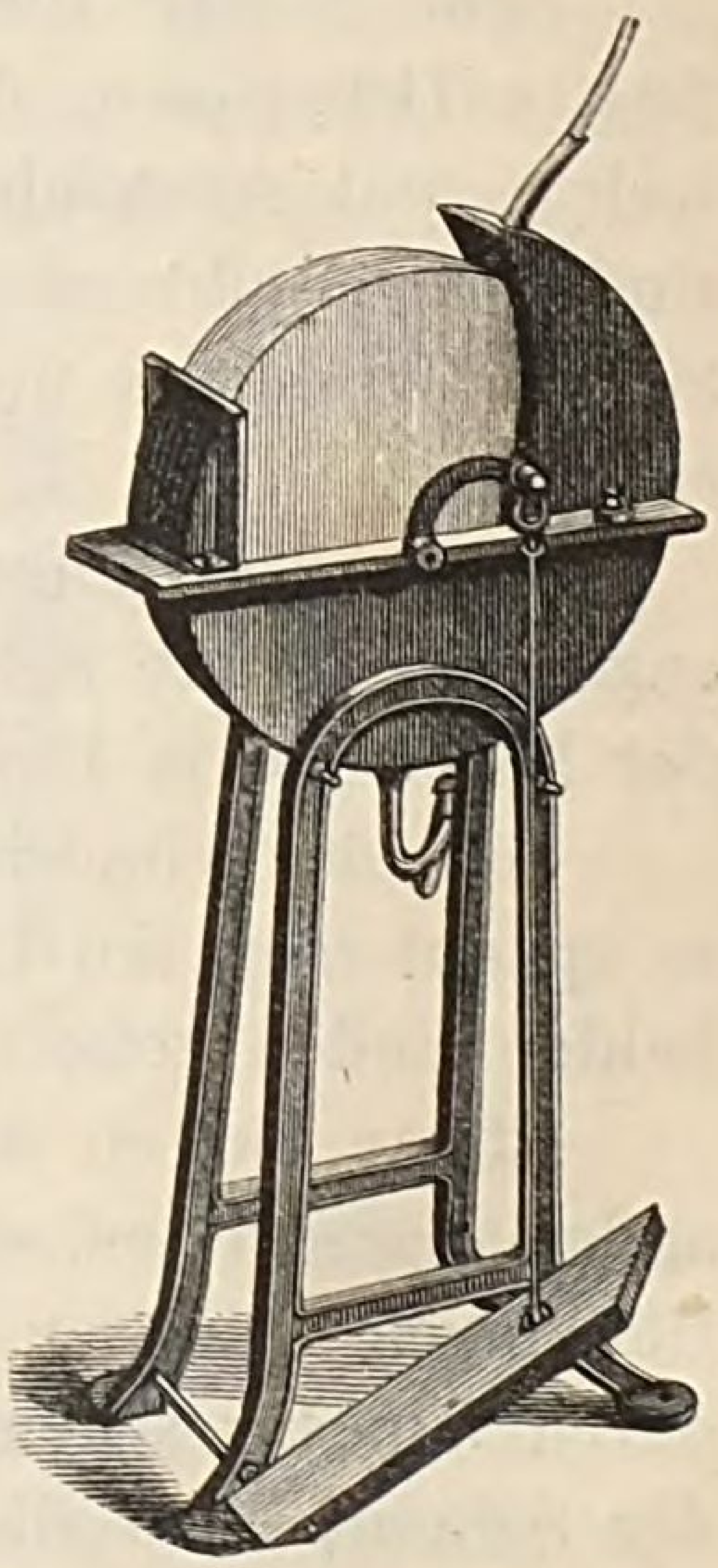
Häufig ist es zweckmäßig, die geraden Schmirgelfeilen durch rotirende zu ersetzen. Es sind dies hölzerne mit Schmirgelpapier beklebte oder mit Leder überzogene und mit Schmirgel bestrichene Scheiben, welche auf der Drehbank in rasche Rotation versetzt werden, oder auch Scheiben aus Zink oder Kupfer.

Letztere dienen namentlich zum Schleifen sehr feiner gehärteter Stahlstücke, und zwar wird dann als Schleifpulver fein geschlämmter Oelstein oder für die feinsten Objekte Diamantstaub verwendet.

Auch Schmirgelscheiben, welche durch ihre ganze Masse aus Schmirgel bestehen, d. h. aus Schmirgelpulver, welches mittels eines Kautschuckkittes zu einer harten Masse verbunden ist, sind für viele Arbeiten, so namentlich zum Schleifen der Werkzeuge, z. B. Bohrer (Fig. 168), von großem Nutzen. Sie müssen sehr rasch umlaufen und dabei fortwährend mit Wasser feucht gehalten werden. Da sie auch den härtesten Stahl leicht angreifen, werden sie zuweilen sogar an Stelle von Fräsen verwendet, namentlich zur Herstellung der Fräsen selbst.



168



169

Fig. 168—169.

Für gewöhnliche Schleifarbeiten dienen die bekannten rotirenden Schleifsteine aus Sandstein (Fig. 169). Dieselben dürfen nicht zu klein sein und müssen durch eine Trittvorrichtung bewegt werden. Da in Folge des Tretens der auf das Arbeitsstück ausgeübte Druck nicht immer gleich bleibt, sondern periodisch wechselt, so arbeitet sich der Stein an einer Stelle etwas stärker aus als an andern. Man beugt dem dadurch vor, dass man die Kurbel zeitweise versetzt oder die Bewegung durch eine Uebersetzung dem Schleifsteine mittheilt. Es muss ferner darauf geachtet werden, dass die Arbeitsfläche des Schleifsteins immer gleichmäßig eben oder convex bleibe; denn hohl ausgedrehte oder gar mit Furchen versehene Schleifsteine sind unbrauchbar.

Man führt also das Arbeitsstück während der Arbeit stets etwas hin

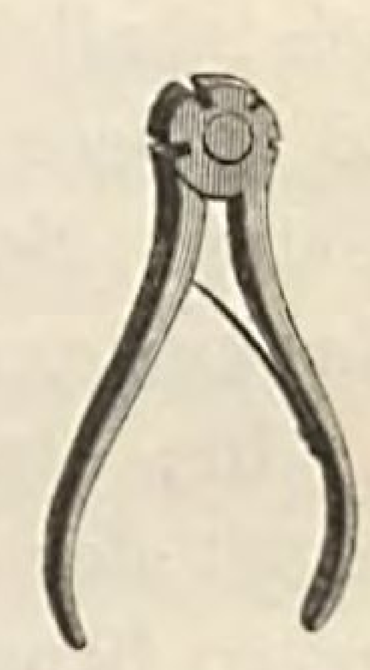
und her, und wenn der Stein dennoch concav werden sollte, dreht man ihn mit einer abgebrochenen alten Feile wieder rund.

Da namentlich bei Werkzeugen viel darauf ankommt, dass die angeschliffene Facette einen genau bestimmten Winkel mit irgend einer andern Fläche bilde, so wird der Schleifstein ebenso wie die Drehbank mit einer Auflage, zuweilen sogar mit einem Support versehen, um damit das Arbeitsstück stützen und so in bestimmter Richtung festhalten zu können. Man lässt den Stein gegen sich zu rotiren, da andernfalls an der Schneide ein Grat (Faden) entstände, der das Werkzeug ganz unbrauchbar machte, insofern es sich beim Gebrauch alsbald umlegt oder abbricht und Scharten erzeugt. Allerdings ist hierbei nicht ausgeschlossen, dass der Stahl an einer weicheren Stelle des Steins zu tief eindringe und mitgerissen werde, so dass irgend ein Schaden entsteht; man kann dem indess dadurch vorbeugen, dass man die Auflage so nahe wie möglich gegen den Stein heranrückt und den Stahl recht fest hält. Auch kann man die Hauptarbeit mit entgegengesetzter Rotationsrichtung vollenden und erst zum Schluss die Schneide mittels der angegebenen ausarbeiten.

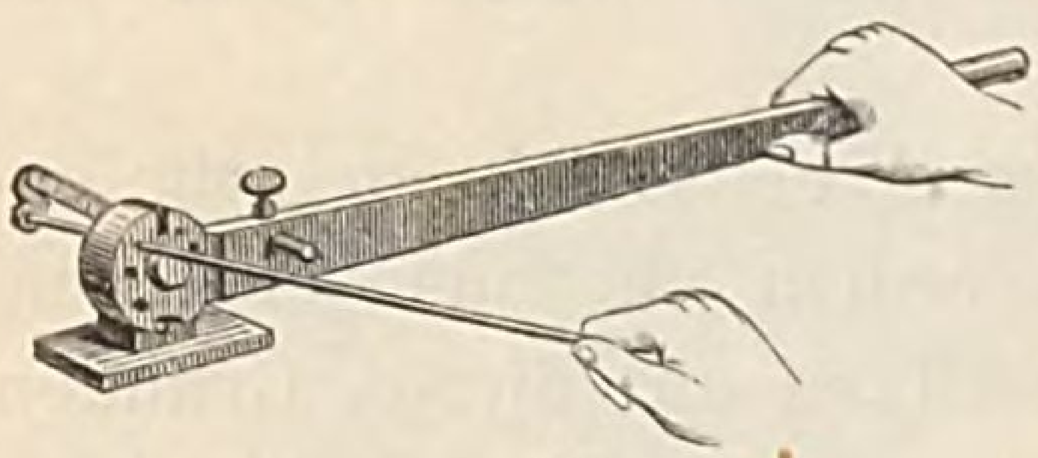
Durch Trockenschleifen würde sich das Arbeitsstück zu sehr erhitzen, der Stein zu rasch abnutzen und außerdem ein unangenehmer, gesundheitsschädlicher Staub entstehen. Man lässt aus diesen Gründen während des Schleifens fortwährend Wasser aus einem Behälter auftropfen und sorgt dafür, dass das überschüssige wieder abtropfen kann. Jedenfalls darf man nicht dauernd die eine Hälfte des Steins in einen Trog mit Wasser eintauchen lassen, da diese sonst mit der Zeit weicher würde als die andere.

13. Scheren und Durchstanzen (Lochen).

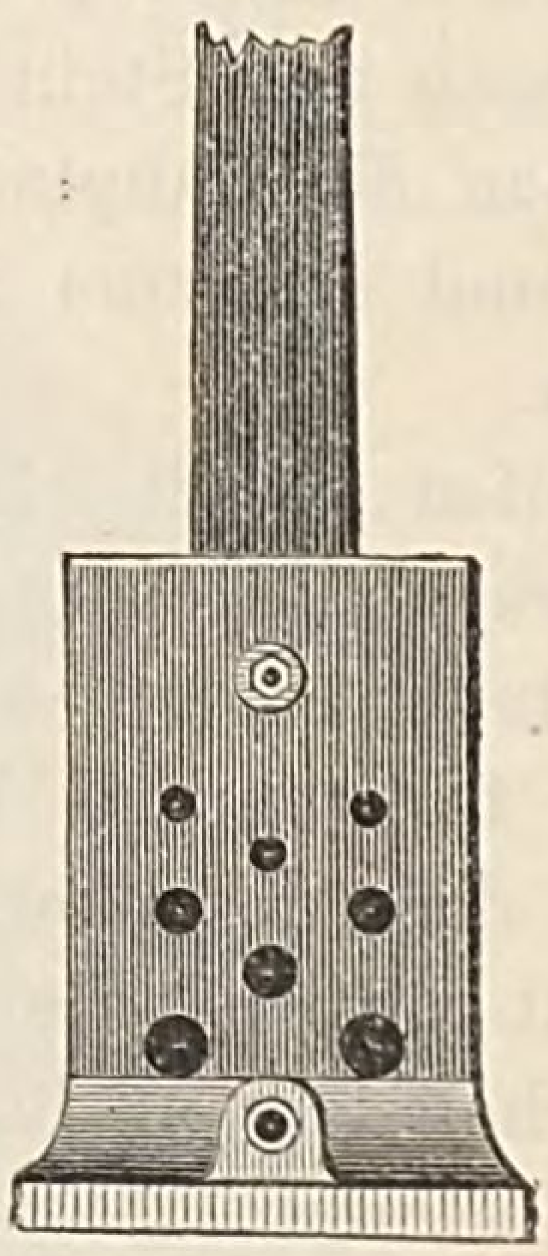
Ist das Arbeitsstück nicht sehr dick, also draht- oder blechförmig, so kann eine Abtrennung einzelner größerer Theile, anstatt durch Abschneiden, ähnlich wie beim Schaben durch Abdrücken erzielt werden. Die hierzu dienlichen Werkzeuge heißen, je nachdem ein Theil ab- oder ausgeschnitten werden soll, Scheren oder Stanzen. Eine einfache Schere ist die Drahtschere (Fig. 170). Zwei kreisförmige, längs ihres Umfangs mit correspondirenden Löchern versehene Scheiben aus gehärtetem Stahl sind nach Art einer Zange mit Handgriffen versehen und concentrisch durch einen stählernen Bolzen verbunden derart, dass, wenn die Handgriffe auseinander gezogen werden, die Löcher genau übereinander stehen, also ein Draht durch zwei entsprechende gesteckt werden kann,


Fig. 170.

beim Zudrücken aber nicht mehr, so dass ein hindurch gesteckter Draht beim Zudrücken längs der Berührungsfläche der beiden Scheiben abgedrückt werden muss. Sind starke Drähte abzuschneiden, so macht man den einen Arm der Schere sehr lang und stark, den andern aber nur kurz und so gestaltet, dass er bequem in den Schraubstock eingespannt oder auf die Werkbank aufgeschraubt werden kann (Fig. 171). Um in rascher Folge viele genau gleichlange Drahtstücke abschneiden zu können, wie dies häufig nöthig ist, wird an dem Instrumente noch eine verstellbare Hemmung angebracht, welche bewirkt, dass der Draht nur bis zu gewisser Länge durchgeschoben werden kann und dann anstößt. Soll der Schnitt möglichst glatt ausfallen, so muss der Draht gut in die Oeffnungen der Scheiben einpassen, weshalb diese mit einer Reihe verschieden weiter Löcher versehen sind. Fig. 172 zeigt ein ähnliches Werkzeug,


171


173


172

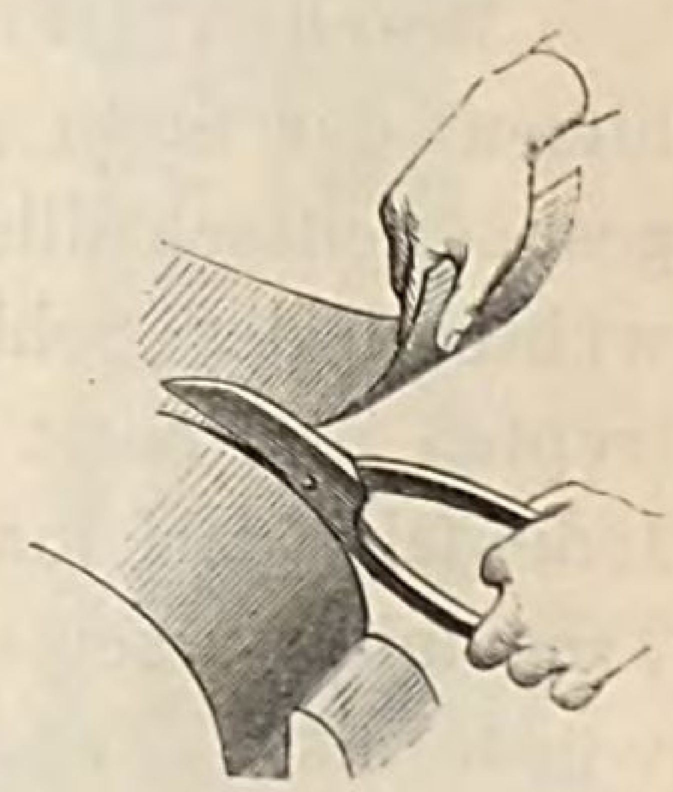

174

Fig. 171—174.

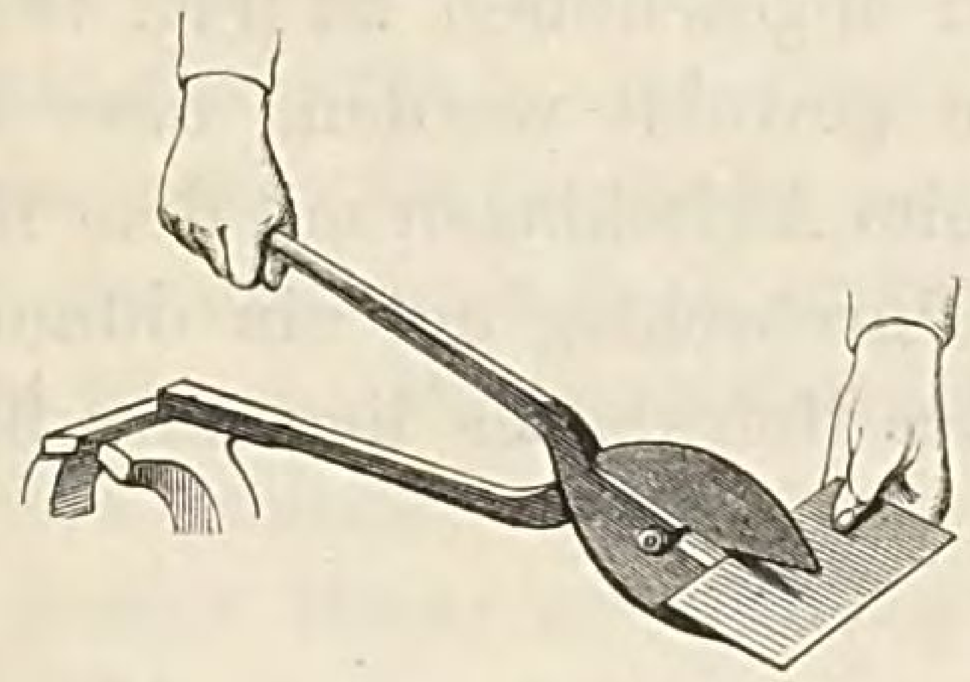
welches zum Abschneiden von Rundeisen dient. Sehr große Maschinen derart, zum Abscheren dicker Eisenstäbe dienend, werden durch Maschinenkraft bewegt und eignen sich nicht für die Arbeiten im kleinen. Nach ähnlichem Prinzip wirken ferner die Scheren für Papier, Blech und andere dünne Platten. Dass Papierscheren sehr lange Blätter erhalten, Scheren für Tuch und Leder kürzere, Blechscheren endlich sehr kurze, ist bekannt.

Die kleineren Blechscheren (Fig. 173) sind so eingerichtet, dass sie mit der ganzen Hand umfasst werden können, so dass man einen starken Druck damit auszuüben im stande ist. Beim Abschneiden größerer Blechstücke spannt man zweckmäßig die eine Hälfte des Blechs in den Schraubstock und biegt die andere in dem Maße, als die Schere fortschreitet, mehr und mehr aufwärts (Fig. 174). Zum Ausschneiden von

Curven eignet sich besonders die runde Blechschere (Fig. 175), zu Arbeiten an schwer zugänglichen Stellen die gebrochene (Fig. 176).

Für sehr starke Bleche kommen Scheren zur Anwendung, welche wenigstens einen sehr langen Arm haben, der allein mit der Hand bewegt wird, während man den andern in den Schraubstock einspannt (Fig. 177). Auch bei kleineren Scheren spannt man häufig den einen Arm vortheilhaft in den Schraubstock und verlängert den andern durch Anklemmen eines Feilklobens.

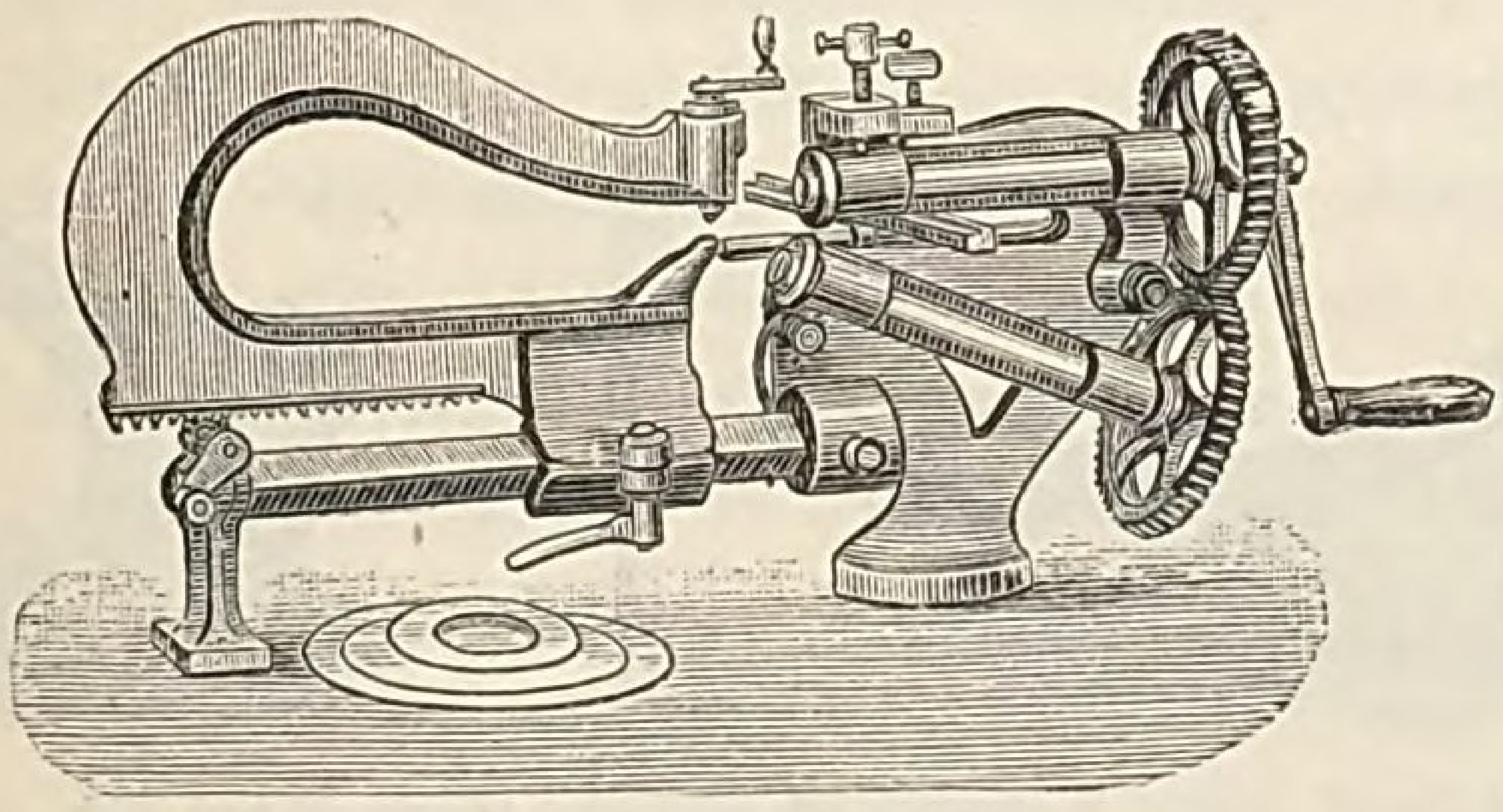
Große Scheren, welche mit Räder- oder Hebelübersetzungen bewegt werden (Fig. 178), sind zwar bequem, aber kostspielig. Die größten

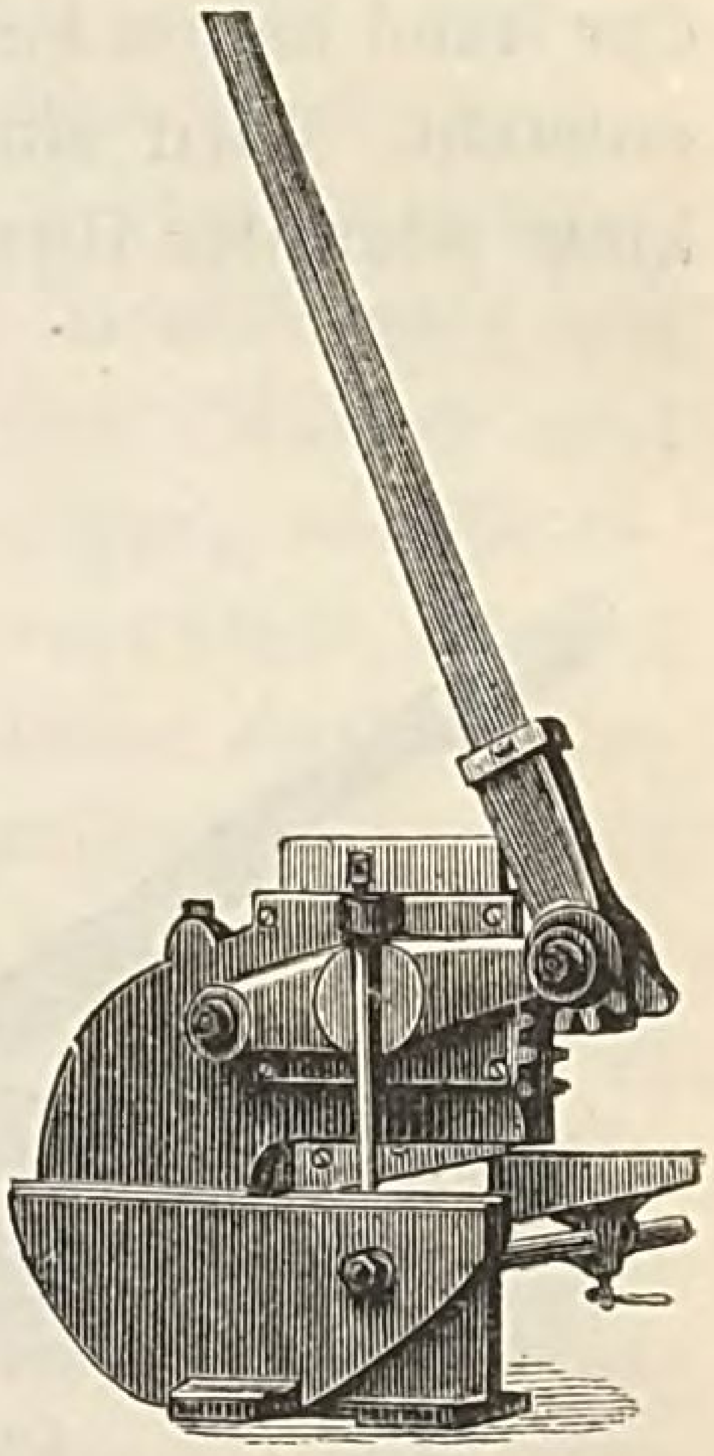


177









175 176 179 178

Fig. 175—179.

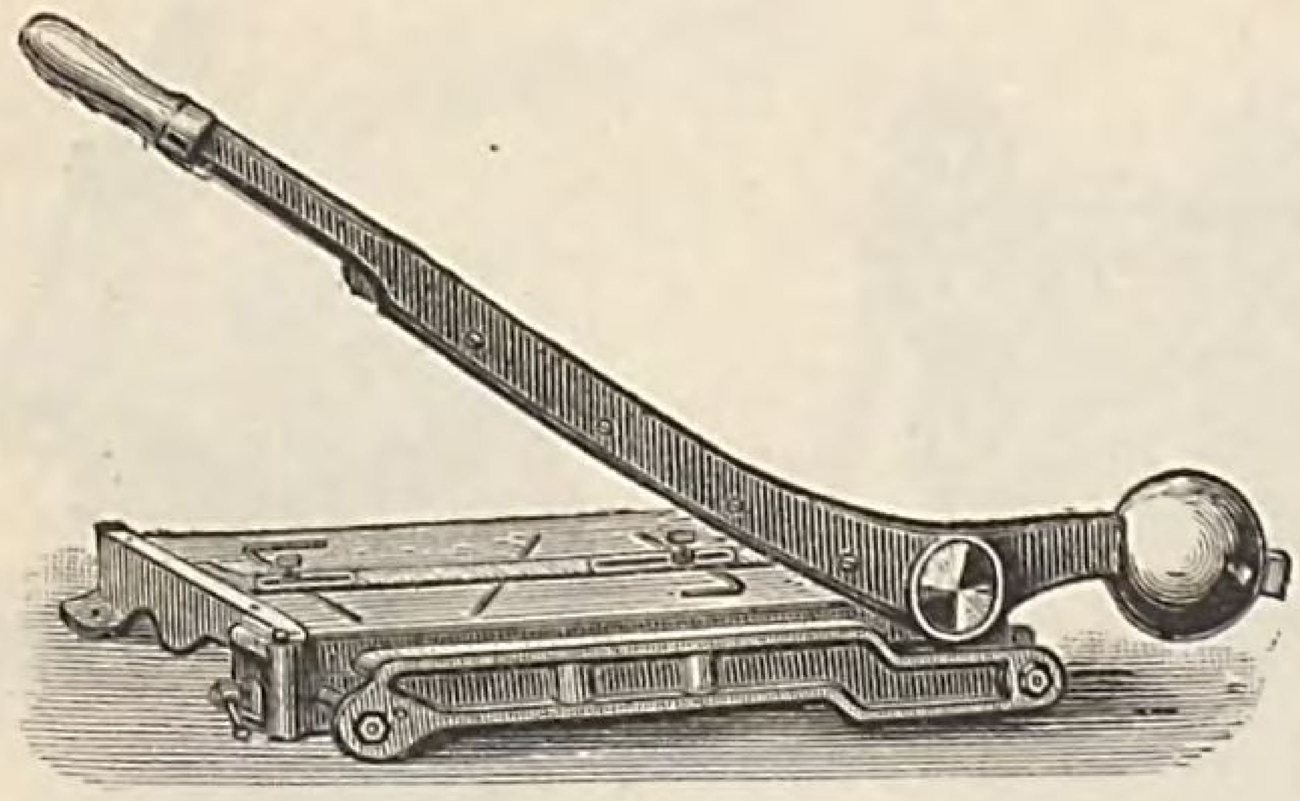
werden durch Maschinenkraft in Thätigkeit gesetzt. In Ermangelung einer solchen zertheilt man Bleche, die sich mit der Hebelschere nicht mehr zerschneiden lassen, mittels des Meißels.

Nicht selten sind lange Streifen mit parallelen Rändern oder kreisrunde Scheiben oder viele kleine Stücke von gleicher Größe zu schneiden. Für solche Fälle eignet sich die Kreisschere (Fig. 179 u. Taf. XII Fig. 1). Die Scherblätter derselben sind kreisförmige gehärtete Stahlscheiben, welche durch kleine Zahnräder so in Bewegung gesetzt werden, dass ihre schneidenden Ränder sich dicht berühren und auf Blechstärke überdecken. Ein Führungslineal bewirkt, dass der abzuschneidende Blechstreifen allenthalben die gleiche Breite erhält. Auszuschneidende Kreisscheiben erhalten ihre Führung durch eine kleine Stahlspitze, welche in einem gebogenen Rahmen angebracht ist und nicht genau in der Verlängerung der Scher-

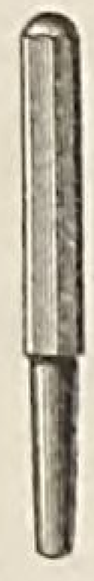
blattachsen steht, sondern je nach der Blechstärke mehr oder weniger abseits, so dass kein Druck entstehen kann, der die Blechplatte während des Schneidens verbiegen würde.

Auch die bereits bei Papparbeiten erwähnte Tafelschere (Fig. 180) findet zum Schneiden von dünnem Blech Anwendung, wenn Tafeln in größerer Zahl genau nach Maß vollkommen eben und rechtwinklig beschnitten werden sollen. Für physikalische Arbeiten ist sie entbehrlich.

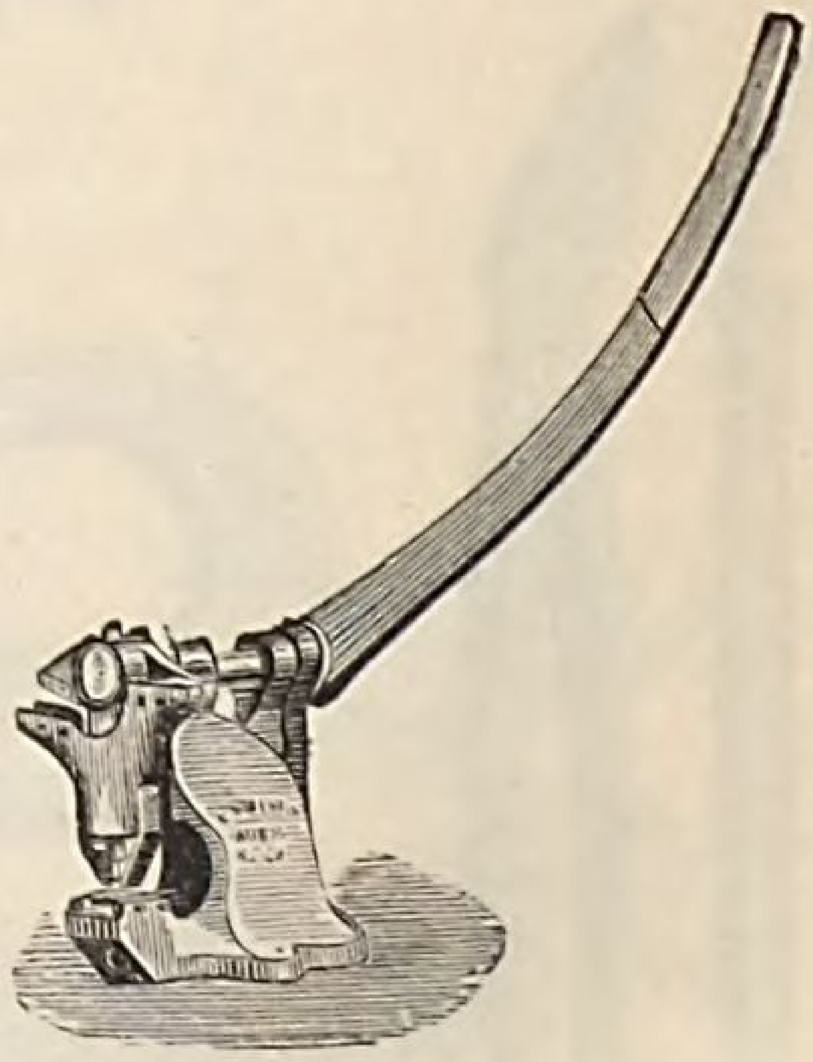
Auf gleichem Prinzip wie die Scheren beruhen endlich die Durchschläge und Loch- oder Durchstanzmaschinen. Ein Durchschlag ist ein rundes oder kantiges Stahlstäbchen, welches an einem Ende schlank conisch abgedreht und eben abgeschliffen ist (Fig. 181). Die Länge muss im Verhältnis zur Dicke so gewählt werden, dass es sich bequem in der Hand halten lässt und beim Aufschlagen mit dem Hammer kein Prellen entsteht. Wird ein solcher Durchschlag auf ein dünnes, auf einem Bleiklotz oder der Hirnseite eines Holzklotzes liegendes Blech aufgesetzt und



180



181



182

Fig. 180—182.

nun mit dem Hammer eingetrieben, so schneidet es aus dem Blech ein kreisrundes Scheibchen von der Größe der abgeschliffenen Endfläche aus. Ein viereckiger oder sternförmiger Durchschlag würde ebenso eine entsprechende viereckige resp. sternförmige Oeffnung erzeugen.

Bei stärkeren Blechen ist nun der von dem Blei gebotene Widerstand nicht hinreichend groß, man wählt deshalb als Unterlage die Lochscheibe, d. h. ein Klötzchen von weichem Eisen, welches mit Bohrungen versehen ist, die den verschiedenen Durchschlägen entsprechen und gewöhnlich im Schraubstock befestigt wird. Zu diesem Zwecke erhält es zwei vorspringende Kanten, welche auf den Backen des Schraubstocks aufliegen. Die Löcher sind etwas größer als die Durchschläge, um ein Beschädigen der letzteren zu verhüten, falls kein genaues Zusammentreffen stattfinden sollte, doch nicht so weit, dass sich das Blech durchbiegen könnte, und endlich sind sie auf der Unterseite etwas conisch erweitert, so dass die ausgeschlagenen Blättchen leicht herausfallen können.

Sehr starke Bleche, Flacheisen u. dergl. lassen sich nicht mehr mit dem Handdurchschlag lochen; man verwendet hierzu eine Lochmaschine (Taf. XIII, Fig. 1), bei welcher der Durchschlag (Ober-Stempel) durch Hebel- oder Schraubenkraft in das auf dem Unter-Stempel (Matrize) liegende Blech eingetrieben wird. Kleinere Lochstanzen derart dienen nur zum Ausstanzen runder Löcher und sind gewöhnlich so eingerichtet, dass sie gleichzeitig als Hebelscheren für starke Bleche und Drähte verwendet werden können (Fig. 182 u. Taf. XIII, Fig. 2). Größere Durchstanzmaschinen, die häufig in Form von Schraubenpressen hergestellt werden und dann ebenfalls noch andern Zwecken dienen, finden in der Metallwaaren-Industrie eine sehr ausgedehnte Verwendung, da nicht allein Löcher von verschiedener Form und Zahl durch einen Stoß eingestanzt, sondern gleichzeitig auch größere Stücke aus der rohen Blechscheibe ausgeschnitten werden können und dabei die Form der einzelnen nach einander erzeugten Stücke immer dieselbe ist. Durch Biegen, Pressen, Vernieten und Verlöthen solcher ausgestanzter Stückchen gelingt es, sehr viele kleinere Metallwaaren mit geringen Kosten in großer Masse zu verfertigen. Für den Physiker sind diese Maschinen ziemlich bedeutungslos, da die Anfertigung von Ober- und Unterstempel meist mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist und sich also nur lohnt, falls eine große Masse von Gegenständen der gleichen Art herzustellen ist, abgesehen davon, dass eine Stanzmaschine an und für sich ein theurer und schwerfälliger Apparat ist.

Um sehr dicke Eisenstäbe zu lochen, muss man dieselben glühend machen. In Folge der Hitze ist es dann nicht wohl möglich, den Durchschlag mit der Hand zu halten, man befestigt ihn also ähnlich wie den Schrotmeißel an einem hölzernen Stiel. Als Unterlage dient der Ambos, der zu diesem Zwecke mit einem runden Loche versehen ist, oder eine auf den Ambos aufgelegte Lochscheibe. Durch Bestreuen mit Kohlenstaub erleichtert man das Lösen des eingetriebenen Durchschlags.

Vor gebohrten Löchern haben die gestanzten nur den Vortheil der leichteren Herstellbarkeit, die gebohrten sind weit exakter und kommen deshalb bei einigermaßen feinen Arbeiten ausschließlich zur Anwendung.

14. Spalten und Steinschleifen.

Während beim Schneiden, Hobeln, Sägen u. s. w. an der schneidenden Kante zwar eine Trennung eintritt, aber kein tiefergehender Riss, so ist letzteres beim Spalten gerade die Hauptsache. Man macht davon Gebrauch beim Bearbeiten von Holz, Stein und Glas.

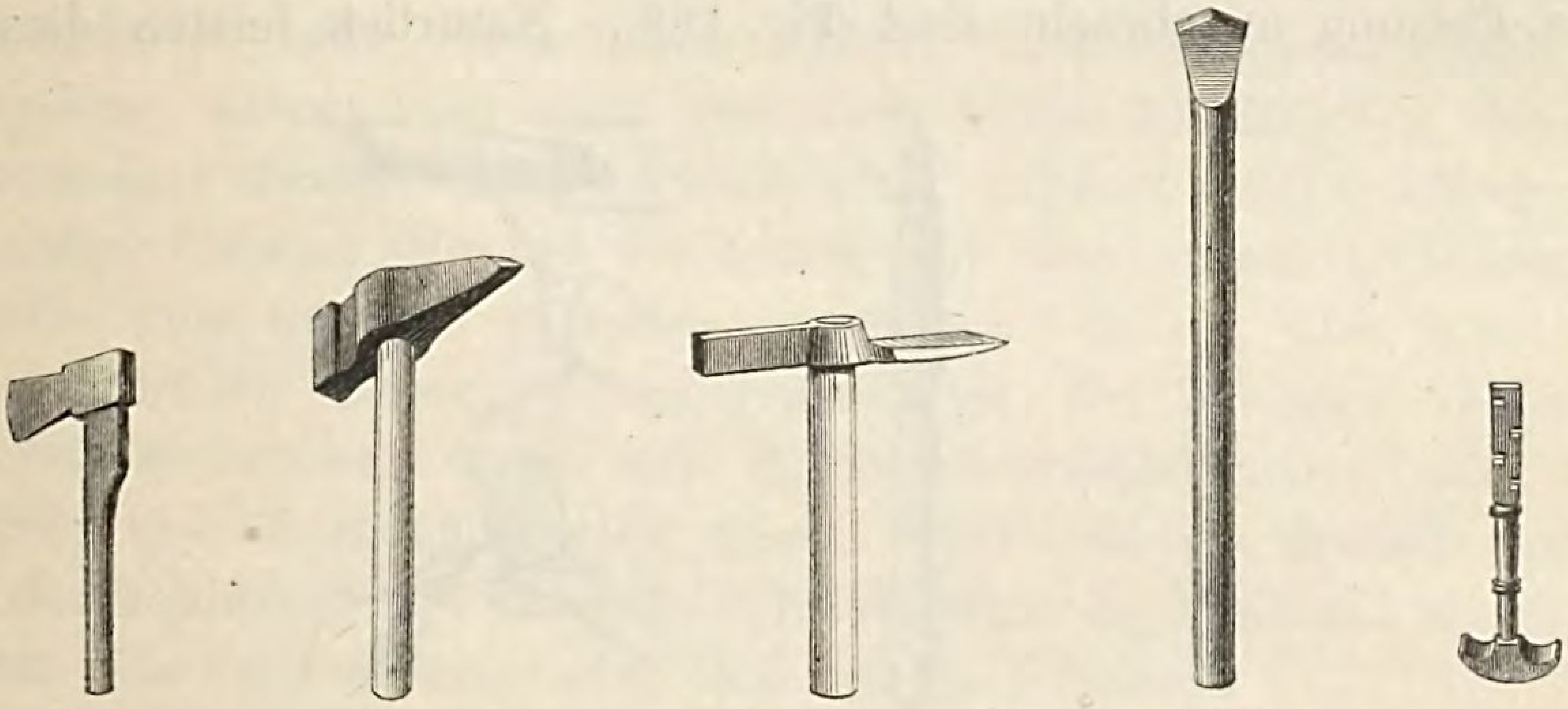
Wo Holzstücke durch Spalten zerkleinert werden können, da wird diese Methode der Trennung vorgezogen; denn sie geht nicht nur rascher

von statten als Sägen, sondern die so erhaltenen Holzstücke besitzen, da die Fasern nirgends durchschnitten sind, größere Festigkeit und sind auch weniger empfindlich gegen Einflüsse der Witterung, d. h. verziehen sich nicht so sehr. Allerdings muss man beim Spalten stets die Richtung der Fasern beachten und Holz mit Aesten oder Verwachsungen ist hierzu überhaupt ungeeignet. Als Werkzeug zum Spalten kleinerer Stücke dienen Messer oder Beil, zum Aufsprengen größerer ein eiserner Keil, welcher mittels des Hammers eingetrieben wird und gewöhnlich mit einem hölzernen Heft versehen ist. Dabei ist der Keil nicht in das Heft, sondern umgekehrt dieses in den Keil, nämlich in einen trichterartigen Ansatz desselben eingesteckt. Das den Hammerschlägen ausgesetzte Ende des Heftes ist von einem eisernen Ring umgeben, um demselben genügende Widerstandskraft zu verleihen. Das Beil (Fig. 183) dient häufig auch zum Abspalten grober Spähne, d. h. zur rohen Bearbeitung größerer Stücke. Die Schneide desselben ist zweischneidig zugeschärft, wenn es vorzugsweise zum Spalten dient, einseitig, wenn es zum Behauen oder Ebenen von Flächen benutzt wird. In letzterem Falle ist der Stiel nach der abgeschärften Seite etwas gekrümmt, damit man ihn auch dann noch fassen kann, wenn die ebene Fläche des Eisens das Holz gerade berührt. Die Befestigung des Stiels muss ebenso, wie die eines Hammers, möglichst sicher und dauerhaft sein. Die Oese, in die er eingesteckt wird, ist deshalb nach der Seite, wo er heraustritt, sehr schwach conisch erweitert. Man passt das Ende des Stiels gut in diese Oese ein, spaltet dasselbe auf und treibt nun in den Spalt einen Keil aus hartem Holz, welcher die beiden Theile so auseinander drückt, dass sie die Erweiterung der Oese vollkommen ausfüllen. Alsdann sägt man den hervorragenden Theil ab und überhämmert die Schnittfläche, bis sie mit dem Eisen eben wird.

Auch Horn und Stein werden häufig mittels stählerner Meißel gespalten. Man muss natürlich auch hier auf die Richtung der Faserung oder Schichtung Rücksicht nehmen und setzt am besten den Meißel da an, wo bereits eine kleine Spalte vorhanden ist.

Krystalle mit gut ausgeprägter Spaltbarkeit kann man häufig schon mit dem Messer spalten oder mittels eines scharfen Meißels, auf den man einen raschen Schlag mit einem kleinen Hammer ausführt. Spalten von Steinen senkrecht zur Richtung der Schichten ist nicht möglich. Man muss in solchem Falle Stückchen für Stückchen mittels des Meißels absprengen, wobei man sich zum Eintreiben des Meißels eines schweren Holzhammers bedient. In verschiedenen Fällen wird auch der Meißel mit dem Hammer combinirt, d. h. letzterer erhält eine gehärtete Schneide oder Spitze (Fig. 184) (Spitzhammer). Zum Behauen von Backsteinen eignet sich insbesondere ein Hammer mit quergestellter scharfer Schneide (Fig. 185), wie ihn die Maurer gebrauchen (Maurerhammer).

Besonders wichtig ist das Ausarbeiten eines Loches in Stein. Ist eine größere Oeffnung in einer Mauer herzustellen, so meißelt man mittels eines genügend langen Meißels und hinreichend schweren Hammers Stückchen für Stückchen aus, indem man dabei, wenn möglich, an einer Fuge beginnt. Zum Aufsuchen einer Fuge, falls die Wand mit Gyps bedeckt ist, dient eine schlanke stählerne Spitze, welche man probeweise an verschiedenen Punkten einzutreiben versucht. In eine Fuge dringt sie leicht ein, während sie auf Stein beträchtlichen Widerstand findet. Ist nur eine enge Bohrung auszuführen, so verwendet man hierzu den Steinbohrer (Fig. 186). Seine Schneide ist zugeschärft wie die eines zweischneidigen Spitzbohrers, d. h. mit vier in eine Spitze zusammenlaufenden Facetten versehen, zuweilen auch nur mit zwei, ähnlich wie ein Flachmeißel. Man setzt denselben an dem betreffenden Punkte an



183 184 185 186 187

Fig. 183—187.

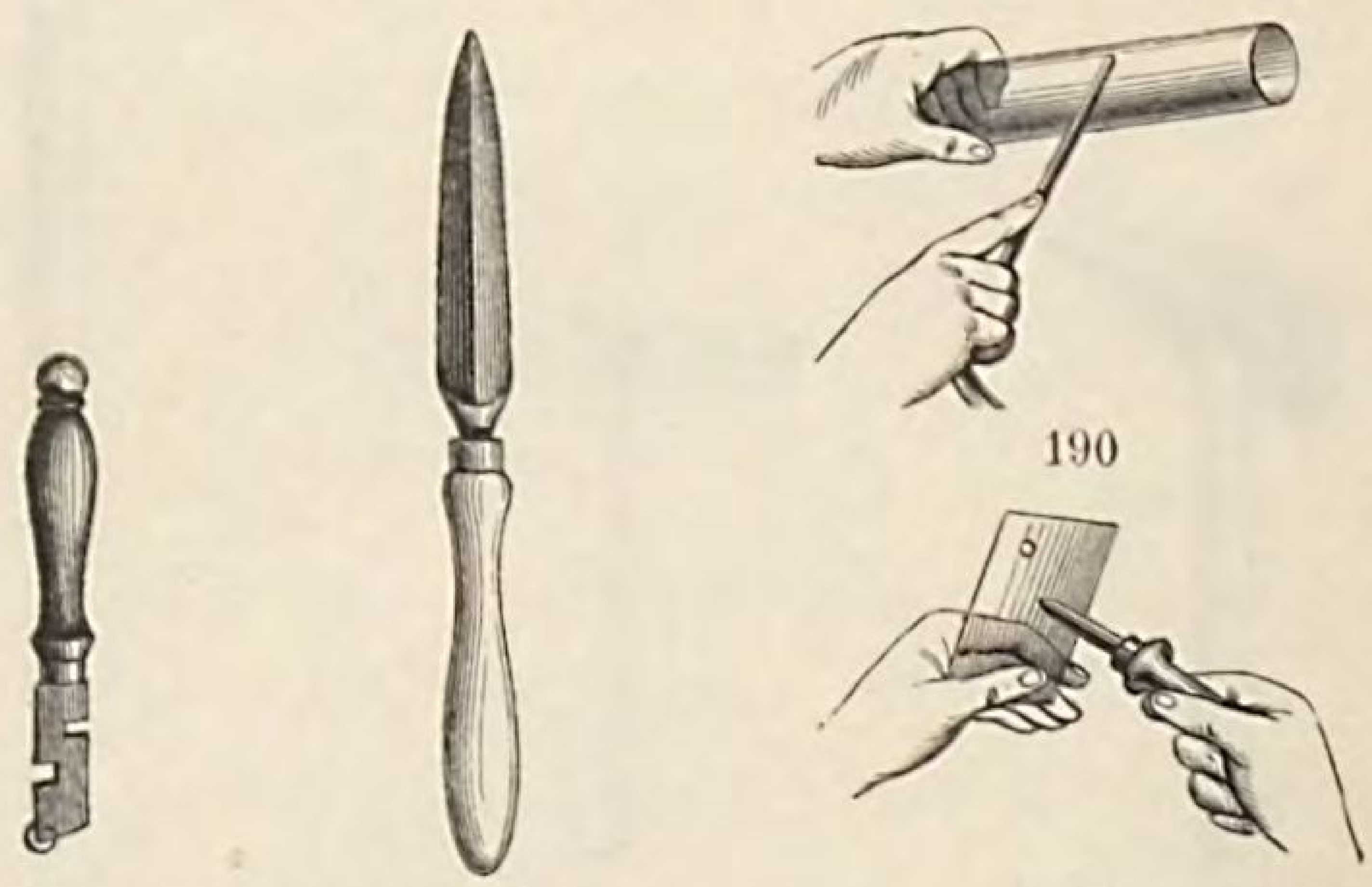
und hämmert nun immerfort darauf, während man ihn nach jedem Schlag wieder etwas um seine Achse dreht und auch seitlich etwas verschiebt, bis die Bohrung hinreichend tief vorgeschritten ist.

Große harte Steine werden gewöhnlich in der Weise gespalten, dass man nahe nebeneinander auf der Spaltungslinie Löcher einbohrt und in diese gewaltsam hölzerne Zapfen eintreibt, eventuell durch anhaltendes Benetzen zur Quellung bringt, wobei sie sich ausdehnen und den Stein sprengen. Analog ist das Sprengen mit Pulver, wobei die Kraft der Quellung durch die der Explosion ersetzt wird. Auch gefrierendes Wasser lässt sich zuweilen zu Sprengwirkungen benutzen. Große Gusseisenklötze können durch die Explosion einer frei aufgelegten Dynamitpatrone zersprengt werden.

Zum Absprengen (Schneiden) von Glasplatten dient der Diamant (Fig. 187). Wird eine Diamantspitze über eine Glasfläche mit schwachem Druck hingeführt, so ritzt sie entweder eine Furche ein, indem sie feine,

mehlartige Stückchen lossprengt, oder sie ruft ohne Loslösung von Theilchen eine Deformation hervor, die starke innere Spannungen verursacht, so dass schließlich, zuweilen erst nach einiger Zeit, ein mehr oder minder tiefgehender Sprung entsteht. Versucht man nun in letzterem Falle die Glasplatte zu biegen oder beklopft dieselbe (falls sie große Dicke besitzt), so setzt sich der begonnene Sprung fort bis zur anderen Seite, es tritt also vollständige Trennung ein.

Bei der Benutzung des Diamants darf man hiernach nur geringen Druck anwenden und muss ihn so halten, dass kein mehliger Riss, sondern ein klarer Schnitt entsteht. Nach dem Geräusch, welches man hört, lässt sich leicht beurtheilen, ob das erstere oder letztere der Fall ist. Durch längere Einübung muss man die richtige Haltung des Diamants ausprobiren. An Stelle der theuren Diamanten benutzt man wohl auch billige glasharte, kleine Stahlrädchen, Glasschneider, welche in einer passenden Fassung angebracht sind (Fig. 188). Natürlich leisten dieselben



188 189 190 191

Fig. 188—191.

bei weitem nicht das, was die Diamanten leisten, und nutzen sich bald ab. Im Nothfall kann auch, wenigstens zum Abschneiden kleiner Stücke, eine zugeschliffene dreikantige Feile dienen.

Bei Glasröhren oder Glasgefäßen bedient man sich in der Regel eines heißen Glasstabes, eines sehr kleinen Gasflämmchens oder einer Sprengkohle. Man ritzt zunächst eine Stelle mittels einer scharfen Feile, setzt nun die kleine Flamme an diesen Ritz, worauf der Sprung alsbald weiter schreitet, und nun führt man die Flamme stets dem Ende des Sprunges nach, so dass sie diesem immer um etwas voraus ist (Fig. 190). Man kann so den Sprung leicht in beliebiger Linie fortführen, die Röhre abschneiden, sie in einen spiralförmigen Streifen zerschneiden und dergleichen.

Enge starke Glasröhren werden lediglich an der betreffenden Stelle, an welcher sie zerschnitten werden sollen, eingefeilt oder mittels eines glasharten Messers, sogenannten Glasmessers (Fig. 189) geritzt. Nun

fasst man sie mit beiden Händen, die beiden Daumen einander entgegen gegenüber der eingefeilten Stelle ansetzend, und sucht sie zu biegen. War der Feilstrich genügend, so erfolgt die Trennung sehr leicht, andernfalls muss man diesen vertiefen. Bei größeren Röhren schützt man die Hände vor etwaigen Splittern durch ein umgelegtes Tuch.

Man hat auch vorgeschlagen, Glasröhren durch einen umgelegten Draht, welcher auf galvanischem Wege zum Glühen gebracht und rasch (durch Wasser oder Luft) abgekühlt wird, abzusprengen. Es dürfte sich dieses Verfahren besonders dann eignen, wenn viele Schnitte nach einander herzustellen sind. Glasbläser bedienen sich in ähnlicher Weise erhitzter Ringe zum Ausschneiden von Uhrgläsern u. dergl.

Ist beim Schneiden einer Glasplatte oder Glasröhre der Rand nicht hinreichend glatt ausgefallen, so korrigirt man die Abweichungen mittels des Kröseleisens (welches gewöhnlich am Ende des Diamantgriffs angebracht ist) oder eines Schlüsselbarts, zuweilen auch mittels einer Flachzange, indem man nach und nach kleine Partikelchen damit gewissermaßen abnagt, aber sich wohl hütet, größere Stücke auszubrechen. Bei einiger Uebung schreitet die Arbeit sehr rasch voran, allerdings kann sie auch dem Geübten zuweilen misslingen, da das Glas nicht selten unkontrollirbare innere Spannungen besitzt, die Springen selbst dann hervorrufen können, wenn nur durch ein Sandkörnchen oder Eisentheilchen die Oberfläche geritzt wurde. Man vermeide deshalb auch, behufs der Reinigung von Glasröhren Eisendrähte in dieselben einzuführen, benutze nur Kupferdrähte oder Holz- (Horn-) Stäbe.

Glasstücke z. B. für Linsen werden gleichfalls durch Abkröseln vorgerichtet, größere zunächst durch Abschlagen kleiner Stückchen mittels eines Hammers. Durch andauernde Uebung lässt sich hierin große Fertigkeit erreichen. Feinere Partikelchen können durch Schaben mittels eines glasharten Stahls oder einer Diamantspitze abgelöst werden, wobei aber das Arbeitsstück reichlich mit Terpentin benetzt werden muss. Zuweilen handhabt man solche Stichel oder Diamantwerkzeuge ganz wie Drehmeißel beim Drehen, oder wie Grabstichel beim Graviren.

Letzteres geschieht z. B., wenn in eine nicht zu dicke Glasscheibe ohne Anwendung der Drehbank ein kleines Loch gebohrt werden soll. Man schleift an eine Dreikantfeile eine stumpfe Spitze an, so dass die entstandenen 3 Facetten die früheren Kanten der Spitze abstumpfen, benetzt dieselbe mit Terpentinöl, setzt sie schwach drückend auf die in der Hand gehaltene Glasplatte an dem bezeichneten Punkte auf und wühlt damit das Loch ein (Fig. 191). Sobald dieses so tief geworden ist, dass die Schneiden des Bohrers gut zur Wirkung kommen können, so schreitet die Arbeit rasch vorwärts. Hat man nahezu durchgebohrt, so

bohrt man von der andern Seite entgegen, da sonst leicht größere Glassplitter ausspringen.

Soll das Loch an der Drehbank gebohrt werden, so verwendet man Bohrer, welche nach Art der einseitigen Spitzbohrer für Metalle oder nach Art der Grabstichel geschliffen sind, letztere also mit excentrischer Spitze. Die Löcher, welche auf solche Weise hergestellt werden sollen, dürfen indess nur geringen Durchmesser haben, größere muss man einschleifen.

15. Stein- und Glasschleifen.

Während bei der eben besprochenen Bearbeitungsmethode nur eine oder wenige Schneiden schabend wirken, so sind es beim Schleifen ebenso wie beim Sägen, Feilen und Schleifen von Holz und Metall sehr viele. Auch für Stein und Glas hat man Sägen, d. h. Werkzeuge zum Erzeugen schmaler tiefer Einschnitte, beziehungsweise zum Absägen einzelner Stücke, ebenso auch Feilen (Fräsen) zum Bearbeiten von Flächen, allein die Zähne sind weit feiner als bei Werkzeugen für Metall und Holz und außerdem nicht aus Stahl, sondern Diamant oder einem andern sehr harten Körper gebildet. Sägen, welche hin- und hergeschoben werden, finden deshalb nur selten Anwendung, da, falls die Arbeit rasch voranschreiten soll, dem Werkzeug eine große Geschwindigkeit gegeben werden muss, wie sie nur durch Rotation zu erhalten ist. Man verwendet also Scheiben aus Zink, Messing, Kupfer, Stahl, zuweilen auch aus Buchsbaumholz, welche auf der Drehbank in Umlauf gesetzt werden.

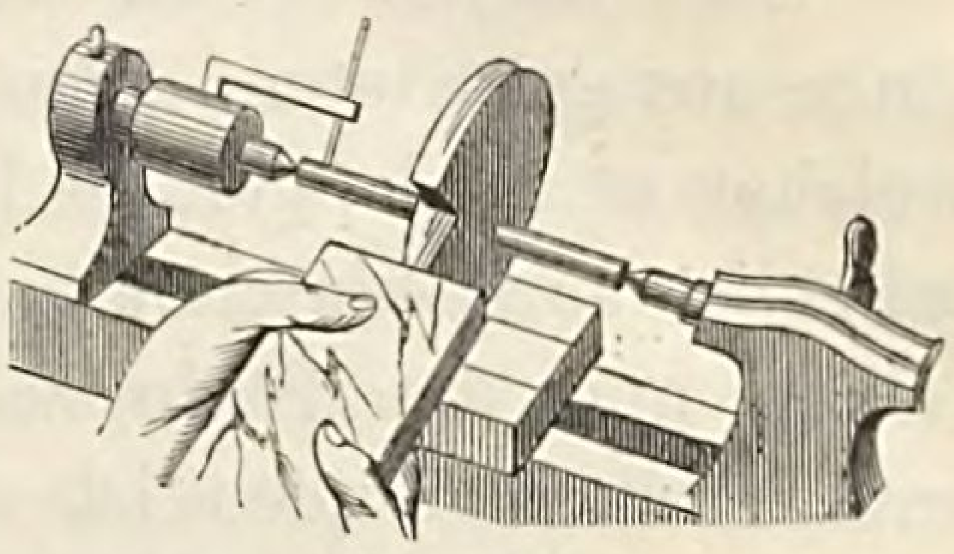
Um eine Messingscheibe mit Diamantsplittern zu versehen, vertheilt man letztere gleichmäßig auf eine gehärtete Stahlplatte, legt die Messingscheibe darauf und überhämmert sie. Die Diamantsplitterchen drücken sich dann von selbst in das Messing ein. Bei großen Werkzeugen bohrt man wohl auch Löcher vor und hämmert Diamantspitzen so ein, dass sie ganz von Metall überdeckt sind, und erst bei der Abnutzung des letzteren mehr und mehr zum Vorschein kommen, für kleinere Arbeiten finden solche indess keine Verwendung.

Schneidscheiben, welche nur nach Art einer Circularsäge am Rande, nicht wie die vorigen auf der Fläche mit Schneiden versehen werden sollen, versieht man mit kleinen Kerben, welche einfach mittels eines Messers eingehackt werden. Man lässt dann die Scheibe umlaufen und bringt etwas Diamantpulver auf, so dass sich dieses in den Kerben fängt.

Zum Schneiden von Glas genügt schon Schmirgelpulver, für Marmor gewöhnlicher Sand. Diese Pulver werden mit Terpentin (Sand mit Wasser) vermengt und in eine Blechrinne gebracht, in deren unteren

Theil die Scheibe eintaucht (Fig. 192). Die Rinne umgibt den größten Theil der Scheibe, um zu hindern, dass durch Centrifugalkraft das Schleifmittel fortgeschleudert werde.

Das Diamantpulver wird aus schwarzem Diamant hergestellt, der billiger ist als der farblose und ihm an Härte nicht nachsteht. Zum Zerstoßen bedient man sich eines Mörsers, der aus einem Stahlrohr mit genau einpassendem cylindrischen Stahlstempel und einer ebenen Stahlplatte besteht, auf welche die beiden vorigen Theile gut aufgeschliffen sind. Sämtliche Stücke sind gehärtet. Man setzt das Rohr auf die Platte auf, bringt den Diamanten hinein, schiebt den Stößer ein und versetzt ihm mittels eines Hammers starke Schläge mit der Vorsicht, dass das Rohr stets gut auf der Platte aufsitze.


Fig. 192.

Den so zersplitterten Diamant bringt man nun in einen anderen Mörser mit gewölbtem aufgeschraubtem Boden. Derselbe ist mit einem sehr dicht schließenden Deckel versehen, um das Entweichen des entstehenden Diamantstaubes zu verhindern; zwischen Deckel und Mörser ist indess etwas freier Raum gelassen, damit sich hier der Staub sammeln kann und nicht verloren gehe. Man setzt den Mörser auf einen Ambos und schlägt senkrecht auf den Stößer, denselben nach jedem Schlag etwas drehend, etwa 10 Minuten lang. Dann bringt man den in der Höhlung angesammelten Diamantstaub wieder zurück, schlägt wieder 10 Minuten, und in gleicher Weise ein drittes Mal.

Der erhaltene Diamantstaub wird nun mit Olivenöl in großen Uhrgläsern geschlämmt. Das was sich in dem ersten Glas im Verlauf einer Stunde abgesetzt hat, erhält die Nummer 0. Man gießt dann die Flüssigkeit in ein zweites Glas, lässt sie zwei Stunden stehen und erhält so Nr. 1. In einem dritten Glas erhält man ebenso nach 4 Stunden Nr. 2, in einem vierten nach 8 Stunden Nr. 3, in einem fünften nach 16 Stunden Nr. 4. Was schließlich sich noch absetzt, ist Nr. 5.

Zum Zerschneiden harter Edelsteine (Rubine, Saphire, Chrysolithe), wie sie als Achsenlager für feine Uhrwerke dienen, kittet (lackt) man dieselben auf eine Platte, welche sich auf einem Schlitten leicht verschieben und so der Schneidscheibe nähern lässt. Die Schneidscheibe besteht aus Kupfer, ist mit einer feinen Schneide versehen und erhält Diamant Nr. 0. Es genügt, den Stein halb durchzuschneiden, da man ihn dann leicht durch einen eingeschobenen Meißel völlig spalten kann. Größere Steine müssen von zwei Seiten angeschnitten werden.

Um ebene Flächen an solche Steine zu schleifen, verwendet man

eine Scheibe aus Messing oder Kupfer, die mittels einer feinen Feile etwas rauh gemacht ist, und gibt Diamant Nr. 2 oder 3 daran. Die Steine selbst werden wieder auf den Schlitten aufgelackt. Zum Feinschleifen oder Poliren dient eine Zinnscheibe, welche mit Diamant Nr. 4 versehen wird, und schließlich eine Scheibe aus Buchsbaumholz mit Diamant Nr. 5.

Sind Löcher in solche Steine zu bohren, so verwendet man dazu einen aus gehärtetem, blau angelassenem Stahldraht bestehenden Bohrer, welcher etwa doppelt so lang ist, als das Loch tief werden soll. Derselbe ist auch hinten etwas dünner gedreht, damit er sich nicht festreiben und den Stein zersprengen kann. Die vordere Fläche des so entstandenen Kopfes ist entweder ganz eben, oder etwas ausgehöhlt. Man versieht ihn mit Diamant Nr. 1 oder 0, und setzt ihn in sehr rasche Rotation. Das Erweitern des Loches erfolgt durch eine Reibahle, die aus einer sehr wenig conischen, weichen Stahlnadel besteht, welche mit Diamant Nr. 2 oder 3 versehen wird. Zum Poliren dient eine ähnlich geformte Messingnadel mit Diamant Nr. 4 oder 5.

Concave oder convexe Flächen werden mittels eines Diamantstichels gedreht und mit Schleif- und Polirstäben von entsprechender Form geglättet.

Um die Steine von dem Lack, mit welchem sie aufgekittet waren, wieder zu reinigen, behandelt man sie mit erwärmtem Alkohol. Ebenso müssen auch die Futter, auf welche sie aufgelackt waren, durch Auskochen in Alkohol wieder sorgfältig gereinigt werden.

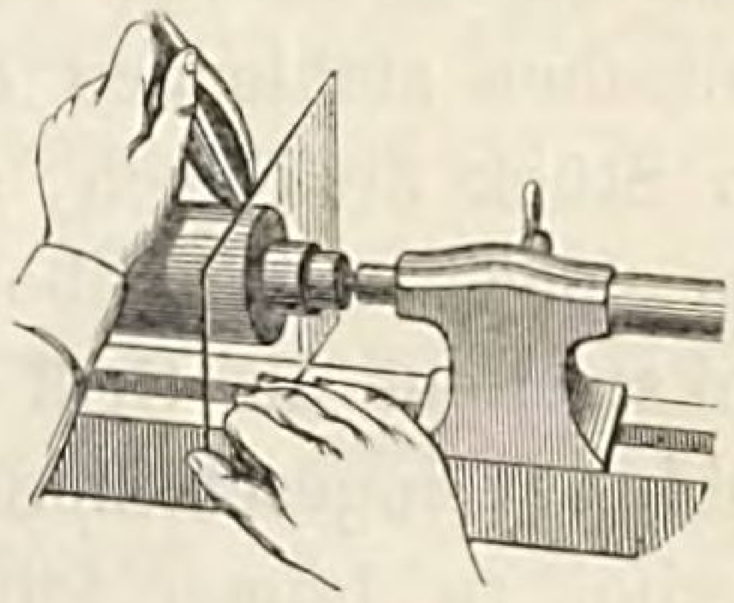
Glaslinsen werden, nachdem sie durch Abbröckeln kleiner Stückchen oder durch Abdrehen zunächst roh bearbeitet sind, in messingenen Schalen (Schleifschale) mit Schmirgel und Wasser annähernd in die richtige Form geschliffen. Man befestigt sie hierauf mit Pech an einem Griffe, um sie sicherer halten zu können, und schleift dann in einer Schale, welche genau die richtige Form besitzt, und zwar so, dass man das Glas abwechselnd im Kreise herumführt und wieder kreuz und quer, bis es sich möglichst gut an die Schale anschließt. Dann wird alles gut abgewaschen und eine feinere Sorte Schmirgel aufgetragen. So fährt man fort, bis schließlich die Oberfläche ganz gleichmäßig fein matt erscheint.

Nun schmilzt man eine Mischung von Pech und Colophonium, drückt diese Masse in heißem Zustand, um sie von Unreinigkeiten zu befreien, durch Leinwand und schüttet in die zuvor erwärmte Schleifschale davon so viel, dass die Fläche einige Millimeter hoch damit bedeckt ist. Wird die Schicht allmählich zähe, so drückt man eine entsprechende convexe Schleifschale, deren Fläche gut trocken, rein und kalt ist, hinein und kühlt dann das Ganze mit Wasser ab. So entsteht eine Pechschale, welche genau der Form der Linse entspricht und in welcher diese auf

gleiche Weise polirt wird, wie sie zuvor in der messingenen Schale geschliffen wurde. Als Polirmittel dient eine Mischung von Englischroth und Wasser. Man bewegt die Linse so lange in der damit bestrichenen Pechschale hin und her, bis sie ganz klar und durchsichtig geworden ist.

Ebene Flächen schleift man auf ebenen Sandstein- oder gehobelten gusseisernen Platten mit Sand und Wasser und dann mit Schmirgel und Terpentin, wobei man die abzuschleifende Platte nicht geradlinig, sondern kreisend hin- und herbewegt. Rascher, indess weniger genau, schleift man mit rotirenden Scheiben. Schon ein gewöhnlicher Schleifstein oder eine Schmirgelscheibe ist in vielen Fällen ausreichend. In Schleifereien bringt man über der Scheibe einen mit Wasser und Sand gefüllten Trichter an, welcher durch einen Stöpsel verschlossen ist. Wird der Stöpsel nur wenig geöffnet, so tröpfelt nur Wasser heraus, wird er mehr geöffnet, so kommt auch Sand zugleich mit.

Das Poliren der Flächen geschieht mit fein geschlämmtem Tripel oder Zinnasche auf Holzscheiben, welche mit Filz oder Leder überzogen sind und sehr rasch rotiren. In Folge der starken Erhitzung der Arbeitsstücke muss man dabei recht vorsichtig sein.


Fig. 193.

Zum Einschleifen von Vertiefungen und Zeichnungen bedient man sich kleiner rasch rotirender Kupferscheibchen, die gewöhnlich mit Schmirgel und Terpentin versehen werden; zuweilen verwendet man auch dünne Schmirgelscheiben.

Kleine Löcher werden mit einem cylindrischen Kupferstäbchen oder einer kupfernen Scheibe eingeschliffen, größere mit einem kupfernen Rohr (Fig. 193), wobei man zweckmäßig den Rand mit Einkerbungen versieht, so dass sich der Schmirgel gut darin festsetzen kann. Um die Glasscheibe gegen das rotirende Rohr anzudrücken, kann man ebenso wie beim Metallbohren auf der Drehbank den Reitnagel mit aufgesetzter Platte benutzen, nur darf man denselben nicht direkt auf die Scheibe drücken lassen, sondern zunächst auf eine dicke, hinreichend elastische Kautschukplatte. Der Durchmesser derselben muss größer sein als das zu bohrende Loch, und falls die Reitnagelplatte kleiner sein sollte, legt man noch ein Stückchen Brett zwischen beide. Das Ausreiben und Glätten der Löcher geschieht mit einem Stäbchen aus Lindenholz und Schmirgel. Sehr große Löcher werden wohl auch mittels des Grabstichels und reichlichem Terpentin auf der Drehbank eingedreht, doch erheischt die Arbeit viel Vorsicht und die Umlaufsgeschwindigkeit darf nur gering sein.

Platten aus weichen Krystallen werden ausgesägt und auf einer matten Glasplatte mit Oel geschliffen. Zweckmäßiger wird statt des Oels

eine concentrirte Lösung der Substanz in einem Lösungsmittel (z. B. Wasser) verwendet. Sehr kleine Kryställchen werden dabei zwischen die Hälften eines Korkes eingeklemmt, welche durch vier Stecknadeln mit einander verbunden sind. Soll eine angeschliffene Fläche eine genau vorgeschriebene Lage erhalten, so lackt man den Krystall mit Canadabalsam auf eine kleine Platte auf, welche mit drei Stellschrauben versehen ist derart, dass diese auf der Schleifplatte aufstehen, sobald der Schliff bis zur richtigen Tiefe vorgedrungen ist.

Um Stöpsel, Glasröhren und dergl. einzuschleifen, beschmiert man dieselben mit einem Brei aus Schmirgel und Terpentin und dreht sie entweder mit der Hand oder mittels der Drehbank in dem Loche so lange um, bis sie gut anschließen. Geschieht das Umdrehen mittels der Drehbank, so klemmt man sie zwischen dicke Kautschukbacken, um Spannungen zu vermeiden. Während des Einschleifens schiebt man sie fortwährend aus und ein, damit der Schmirgelbrei zur Schleiffläche gut zutreten kann und kein Festreiben eintritt. Schliffe, welche sehr gut dicht halten sollen, namentlich Glashähne, werden zunächst mittels eines conischen stählernen Zapfens ausgeschliffen, dann biegt man um diesen ein Stück Zinkblech, so dass es dicht anschließt, und schleift in dieses den (noch undurchbohrten) Zapfen ein, wobei die beiden Enden des Zinkstreifens als Griff dienen. Nun erst wird der Zapfen direkt in die Höhlung eingeschliffen und zuletzt durchbohrt. Natürlich geht man auch hierbei zu immer feineren Schmirgelsorten über und wäscht vor dem Uebergehen zu einer neuen Sorte alle anhaftenden Theilchen der früheren gut ab.

Eine eigenthümliche Methode des Mattschleifens von Glas besteht in dem Aufwerfen von Sand, welcher durch einen Dampfstrahl continuirlich aus einer Röhre herausgeschleudert wird. Durch Bedecken einzelner Theile der Glasfläche mit einer Schablone können diese geschützt und so beliebige Zeichnungen hervorgerufen werden. Feine Zeichnungen, Schrift und dergl. werden mittels eines Schreibdiamanten eingeritzt. Theilungen auf Glasröhren werden dagegen geätzt, da geritzte Stellen leicht brechen.

16. Abätzen und Abschmelzen.

Wurden beim Schleifen kleine Partikelchen durch sichtbare Schneiden abgedrückt und abgesprengt, so sind es beim Abätzen ganz unsichtbare Körperchen, welche das Loslösen bewirken, und auch die abgelösten Theilchen selbst können sogar mittels des stärkst vergrößernden Mikroskopes nicht erkannt werden. Es sind die Moleküle eines ätzenden flüssigen Körpers, welche diejenigen des festen durch ihr Eindringen in

die Poren, in ihrem gegenseitigen Zusammenhange lockern und schließlich ähnlich wie Wurfgeschosse an einer Mauer eine Bresche einarbeiten. Selten bedient man sich des Aetzens zur Erzeugung größerer Gestaltänderungen, da nur auf geringe Tiefe eine Regelung des Aetzungsvorgangs gut möglich ist und außerdem der Preis der Aetzungsmittel in solchen Fällen wesentlich mit in Betracht käme.

Einer der wenigen Fälle, in denen sich Aetzung lohnt, ist z. B. die Durchbohrung von glashartem Stahlblech, falls die Bedingung gestellt ist, dass dasselbe nicht, wie es sonst geschieht, zum Zwecke der Bohrung durch Erhitzen weich gemacht und erst nachträglich wieder gehärtet werden darf. Ein anderer Fall wäre der, dass ein Stahlstückchen, etwa eine abgebrochene Schraube, aus einem Messingkörper zu entfernen wäre.

Die gewöhnliche Anwendung der Aetzung ist die zur Herstellung oberflächlicher Vertiefungen, wie sie sonst durch Graviren erhalten werden. Man muss hierzu diejenigen Theile der Oberfläche, welche nicht angegriffen werden sollen, durch einen gegen das Aetzmittel widerstandsfähigen Ueberzug schützen, den sogenannten Aetzgrund. Mit diesem wird zunächst die ganze Fläche gleichmäßig überzogen, dann durchschneidet man die Schicht an den zu ätzenden Stellen mittels eines Grabstichels. In diesem Falle verwendet man nicht die gewöhnlichen Grabstichel, welche V-förmige Vertiefungen erzeugen, sondern solche mit parallelen Seitenwänden. Um dabei den Grabstichel genau in vorgeschriebener Weise führen zu können, paust man zunächst die Zeichnung mittels graphitbestrichenen Papiers durch Ueberfahren mit einem harten spitzen Bleistift auf die Wachsschicht durch, so dass hier eine genaue schwarze Copie entsteht.

Der gewöhnlich gebrauchte Aetzgrund ist eine Mischung von 6 Theilen Wachs, 4 Theilen Asphalt, 1 Theil Colophonium und 1 Theil Mastix. (Nach einer andern Vorschrift: 2 Theile Wachs (weißes), 2 Theile Mastix, 1 Theil Asphalt.) Man schmilzt zuerst das Wachs und gibt unter Umrühren nach und nach die feingepulverten Harze hinzu, den Asphalt zuletzt, und lässt alsdann das Ganze noch so lange kochen, bis eine entnommene Probe erst nach mehrmaligem Zusammenbiegen bricht. Außerdem probirt man auf einer Platte mittels einer Radirnadel, d. h. einer stumpf abgerundeten Nähnadel, indem man sich kreuzende Striche zieht. Schmiert der Strich, so muss mehr Asphalt zugesetzt werden, springt er aus, mehr Wachs. Ist nun die Masse als tauglich befunden, so gießt man sie noch warm in Wasser und ballt sie zu Kugeln. Zum Gebrauche bindet man eine solche Kugel erst in Leinwand, dann in Seidentaffet und überfährt damit die zu ätzende Platte im erhitzten Zustande gleichmäßig in geraden Linien von einer Seite bis zur andern. Die Tempe-

ratur muss dabei so gewählt werden, dass der Aetzgrund eben schmilzt und durch die Poren des Seidenzeuges hindurch dringt. Schließlich tupft man mit einem in Seidentaffet eingebundenen Baumwollballen oder mittels der sogenannten Grundirrolle (einer mit weichem Leder überzogenen Walze) die Schicht völlig eben, bis sie anfängt zu erhärten.

Um nun die ätzende Flüssigkeit aufbringen zu können, umgibt man die Fläche mit einem Rande von Wachs (dem, um es knetbarer zu machen, etwas Terpentin beigemischt ist) und schüttet innerhalb desselben die Flüssigkeit auf. In seltenen Fällen wird das ganze Arbeitsstück mit Aetzgrund überzogen und vollständig in die in einer Porcellan- oder Steingutschale enthaltene Flüssigkeit eingetaucht.

Als Aetzflüssigkeiten eignen sich: für Kupfer: eine Mischung von verdünnter Salzsäure (75 Salzsäure, 200 Wasser) mit Lösung von chlorsaurem Kali (10 chlorsaures Kali, 100 Wasser); für Messing und Zink: verdünnte Salpetersäure (30—40 Tropfen Salpetersäure, 100 ccm Wasser); für Stahl: 15 g Quecksilbersublimat, 120 g Wasser, 1 g Weinsäure und 16 bis 20 Tropfen Salpetersäure. (Für Tiefätzungen: 100 Salpetersäure mit 700 Wasser; für Aetzungen mit sehr scharfen Contouren: 2 Jod, 5 Jodkalium, 40 Wasser). Während der Aetzung muss man etwa entstehende Bläschen mit einem Pinsel entfernen, da sie den Vorgang erheblich stören.

Etwas bessere Resultate werden erzielt, wenn man die zu ätzende Platte als Anode einer elektrolytischen Zelle anwendet; die vorbereitende Behandlung der Platte ist die gleiche, das Verfahren ist aber wesentlich umständlicher und kostspieliger und wird daher seltener angewendet. Ist die Aetzung beendet, so spült man mit reinem Wasser und wäscht den Aetzgrund mittels Terpentinöl ab. Soll die Zeichnung (z. B. Theilstriche) schwarz erscheinen, so überreibt man dieselbe mit einer Salbe aus Russ, Wachs und Terpentin.

Auch Glas kann leicht geätzt werden und zwar dient als Aetzmittel Flusssäure, entweder als Gas oder in wässriger Lösung oder auch im Entstehungszustande, indem man ein Gemenge von gepulvertem Flussspath, Schwefelsäure und Wasser auf das Glas einwirken lässt. Die Präparation der Platte ist die gleiche wie bei der Aetzung von Metall. Soll mit gasförmiger Flusssäure geätzt werden, so mengt man in einem Bleigefäße 1 Theil feingepulverten quarzfreien Flussspath und 2 Theile concentrirte Schwefelsäure, legt die Glasplatte darüber und erwärmt etwas. Schon nach wenigen Minuten ist die Aetzung beendigt.

Soll die Zeichnung durchsichtig werden, so ätzt man mit verdünnter Flusssäure, die in Flaschen aus Guttapercha aufbewahrt werden kann. An einem Probestückchen ermittelt man dabei zunächst die Zeit, welche nöthig ist, damit die Aetzung bis zu gewünschter Tiefe fortschreite.

Sollen einzelne Theile stärker vertieft werden als andere, so über-

zieht man diese, nachdem sie hinreichend tief geworden sind, mit Firnis und ätzt dann weiter. Zum Einätzen von Schriftzeichen, bei welchen es nicht auf besondere Schärfe der Contouren ankommt, dient die im Handel zu erhaltende Glastinte, welche ohne weitere Präparation der Glasfläche mit einer gewöhnlichen Stahlfeder aufgetragen wird. Sie besteht aus einer Mischung von Flusssäure, Fluorammonium, Oxalsäure und Bariumsulfat oder Fluorwasserstoff-Fluorammonium mit Bariumsulfat und Flusssäure. Reibt man solche Aetzungen mit einem Metallstückchen oder Graphit, so erscheinen sie mit dem betreffenden Metallglanze und undurchsichtig.

Um Glas matt zu ätzen, löst man 250 Theile Fluorwasserstoff-Fluorkalium mit 140 Theilen schwefelsaurem Kali in 1000 Theilen Wasser, setzt 250 Theile Salzsäure hinzu, legt die präparirte Glastafel auf die mit Kitt bestrichenen Ränder des (bleiernen) Gefäßes und drückt sie fest an. Nach einiger Zeit hebt man ab, spült und entfernt den Aetzgrund.

Metallgegenstände überziehen sich gewöhnlich während der Verarbeitung mit einer Oxydschicht. Um dieselbe zu entfernen und die reine Metallfarbe zum Vorschein zu bringen, werden sie in verdünnter Schwefelsäure gebeizt. Bei Eisen, Messing, Kupfer und dergl. genügt kalte Säure, Silber und Gold werden in sehr verdünnter Säure gesotten, was beim Silber Weißsieden genannt wird, da es zugleich in Folge oberflächlicher Auflösung des beigemengten Kupfers die reine Silberfarbe annimmt. Um ähnlich bei Goldgegenständen eine reine Farbe zu erzielen, werden dieselben an einem Platindraht hängend in eine siedende Mischung von 1 Theil Kochsalz, 2 Theilen Salpeter und $1^1/_2$ Theilen rauchender Salzsäure, die sogenannte Goldfarbe, etwa 5—6 Minuten eingehängt und hin und herbewegt. Beim Beizen von Eisengegenständen unterstützt man gewöhnlich die Einwirkung der Säure durch Abreiben mit Sand oder mit der Kratzbürste. Nach dem Beizen werden die Gegenstände zweimal in heißem Wasser gut abgewaschen, dann in einem Kistchen mit warmen Sägespähnen umgeschüttelt und schließlich in der Wärme getrocknet.

Weißblech wird durch Aetzen moirirt. Man vermengt 240 g Wasser mit 30 g Schwefelsäure oder 240 Wasser mit 60 Salpeter und 90 Salzsäure oder 120 Kochsalz in 240 Wasser und 60 Salpetersäure und gießt die Mischung heiß über das Blech, taucht es dann in schwach gesäuertes Wasser und wäscht ab. Das hervortretende Moiré ist bedingt durch die krystallinische Struktur des Zinnüberzugs, und da diese durch Erhitzen bis zum Schmelzen und mehr oder minder rasches Abkühlen des Zinns durch aufgegossenes Wasser geändert werden kann, so ist man hierdurch im stande, verschiedene künstliche Muster zu erzeugen. Aehnlich

kommt auch beim Anätzen von Stahl (namentlich damascirtem) die innere Struktur deutlich zum Ausdruck.

Eine eigenthümliche Art der Aetzung ist das Zerschneiden starker Zinkplatten mittels Quecksilber. Man bestreicht zunächst die betreffende Stelle mit Firniß, ritzt in diesen eine Linie ein und bepinselt mit einer Auflösung von Sublimat oder führt einen Tropfen Quecksilber entlang, nachdem man zuerst mit verdünnter Schwefelsäure gepinselt hat. Das Quecksilber dringt in das Zink ein und macht es so mürbe, dass es sich leicht brechen lässt. Zu empfehlen ist das Verfahren indess nur dann, wenn die Zinkplatten nachträglich amalgamirt werden sollen und nicht gebogen werden müssen, da die Ränder spröde werden und leicht ausbrechen.

Dem Abätzen verwandt ist das Abschmelzen. In eine dicke Paraffinplatte lassen sich z. B. Löcher bohren mit einem von Dampf durchströmten U-fömigen Kupferrohr. Auch bei Blei- und Zinngegenständen macht man zuweilen von der Methode Gebrauch, indess nur selten. In welchem Falle sie zweckdienlich ist, ergibt sich von selbst.

B. Bearbeitung ohne Aenderung der Masse.

17. Biegen und Drücken von Metall.

Unter denjenigen Formänderungen, welche ohne Aenderung der Masse des Arbeitsstückes zu ermöglichen sind, sind die einfachsten das Biegen nnd Drücken, entweder ohne weiteres Werkzeug oder wenigstens ohne stärkere Kraftwirkung, wie sie durch Hammerschläge oder Maschinenkraft hervorgebracht wird. Das biegsamste und dehnbarste unter den Metallen ist das Blei. Bleidraht ist selbst bei ziemlich beträchtlichem Durchmesser so biegsam, dass er häufig an Stelle von Bindfaden zum Zusammenbinden gebraucht wird, da wo letzterer etwa dem Faulen oder chemischen Einwirkungen ausgesetzt wäre, oder wo man sich nicht Zeit nehmen will, einen Knoten zu schlingen, da bei Bleidraht einfaches Zusammendrehen völlig genügt.

Aehnlich sind auch Bleiröhren leicht biegsam. Die käuflichen Röhren sind zusammengerollt, häufig auch vielfach verbogen und gekrümmt. Soll ein solches Rohr von einigen Metern Länge gerade gerichtet werden, so fassen es zwei Arbeiter an beiden Enden und schwingen es einige Male auf und ab. Das eigene Gewicht des Bleis erzeugt schon von selbst den zum Geradstrecken nöthigen Zug.

Arbeitet man mit längeren Röhren, so lässt man dieselben aufgerollt und hängt die ganze Rolle an einen in der Nähe der Arbeitsstelle pro-

visorisch eingeschlagenen Stahlstift und operirt nur mit dem freien Ende. Erst wenn dieses in geeigneter Weise gebogen und befestigt ist, wickelt man ein weiteres Stück ab und hängt die Rolle an einem etwas entfernteren Punkte auf.

Sorgfältig ist zu vermeiden, dass Knickungen im Rohr entstehen. Ist dennoch eine solche entstanden, so lässt sie sich zuweilen durch Drücken mit der Gaszange oder, wenn die Stelle nahe am Ende, durch Einführen eines stählernen Dorns wieder, wenn auch unvollkommen, beseitigen.

Soll ein Rohr in das andere eingesteckt, also dieses am Ende erweitert werden, so schiebt man einfach ein conisches Stück Holz in die Oeffnung ein und dreht es unter wiegender Bewegung so lange darin herum, bis die gewünschte Weite erreicht ist. Nun setzt man das zweite Rohr ein und drückt das erweiterte mit der Gaszange wieder so weit zusammen, dass es dicht an das andere anschließt.

Durch Strecken lässt sich ein Bleirohr bis zu gewissem Grade verlängern, durch Zusammendrücken, resp. Ueberhämmern, während die Enden befestigt sind, stauchen, d. h. verkürzen.

Bekannt ist auch die Fassung kleiner Glasscheiben in rinnenartig ausgehöhlten, resp. zwei zusammengelötheten, durch einen Draht versteiften Blechstreifen, sogenanntes Karniesblei. Die Scheibe wird eingesetzt und das vorher abgebogene Blei darüber gedrückt. Das »gemeine Blei« enthält nur zwei durch eine schmale Zwischenwand getrennte gleich tiefe Furchen.

Durch Ueberdrücken eines ursprünglich cylindrischen, dünn ausgedrehten Metallrandes werden auch die Steine in Taschenuhren und die Edelsteine und die Linsen bei optischen Instrumenten gefasst. Das Ueberdrücken geschieht in solchem Falle, wie später noch besprochen werden soll, meist auf der Drehbank.

Enge Messing- und Kupferröhren lassen sich bis zu gewissem Grade ähnlich wie Bleiröhren einfach mit freier Hand biegen, man muss indess zuerst den Innenraum mit geschmolzenem Colophonium oder Blei füllen. Nach dem Biegen wird diese Füllung wieder ausgeschmolzen.

Eisenröhren springen beim Biegen in kaltem Zustande leicht auf und erfordern viel Kraft. Macht man sie aber an der betreffenden Stelle glühend, so erfolgt das Biegen ebenso leicht wie bei Bleiröhren. Weitere Eisenröhren werden dabei zweckmäßig mit Sand gefüllt, um ein Einknicken zu verhüten.

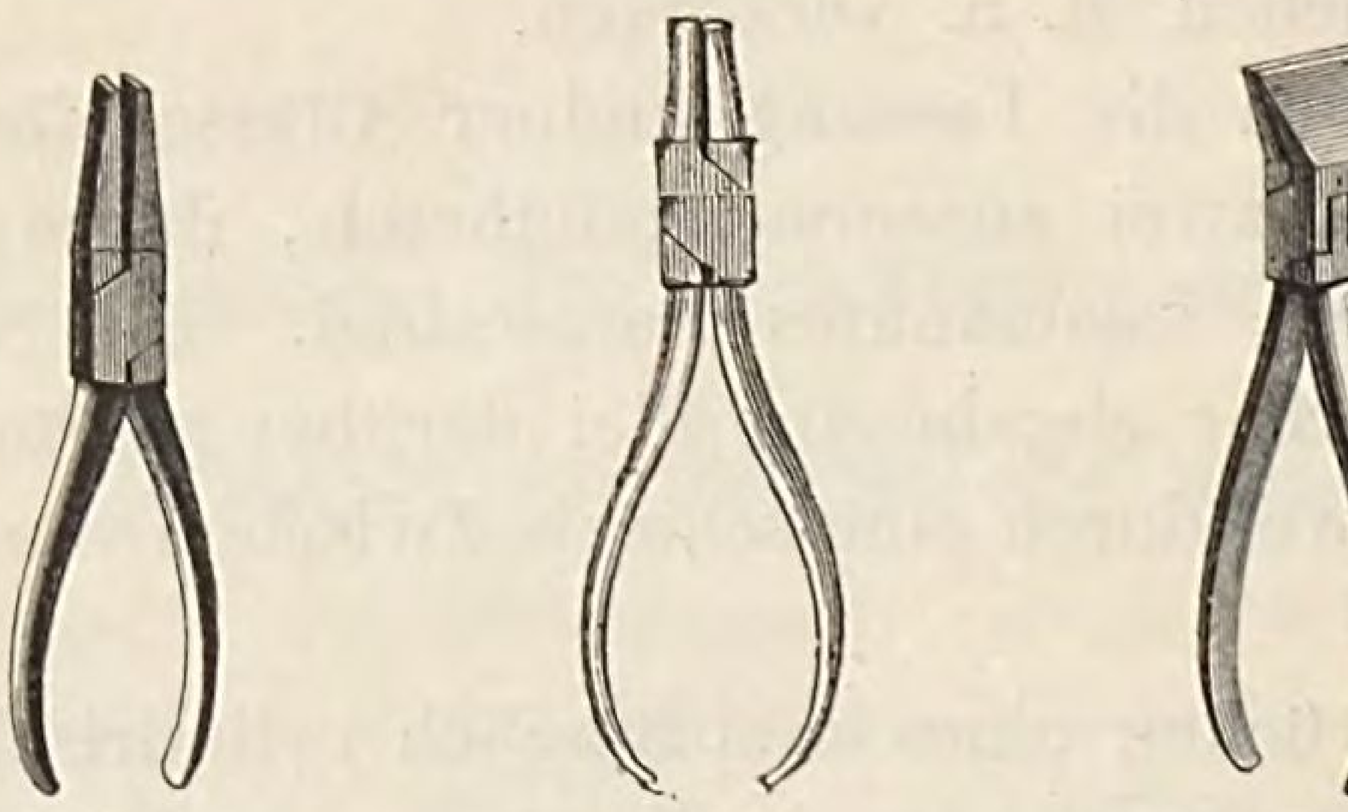
Drähte, Blechstreifen und dergl. lassen sich, falls sie nicht zu dick sind, gleichfalls leicht von Hand biegen. Um scharfe Ecken und Kanten herzustellen oder schön gerundete Bogen, verwendet man besondere Zangen, nämlich Flachzangen (Fig. 194) und Rundzangen (Fig. 195),

wobei unter den ersteren wieder solche mit langem schmalen, oder mittlerem oder breitem Maul (Fig. 196) zu unterscheiden sind.

Zum Geraderichten dünner Drähte befestigt man das eine Ende im Schraubstock, klemmt nun den Draht zwischen zwei hölzerne Leisten und zieht dieselben wiederholt den Draht entlang. Derselbe erlangt dadurch zugleich einen gewissen Grad von Steifheit. Soll ihm dieser wieder genommen werden, so glüht man ihn durch Bestreichen mit einer Gasflamme aus. Dickere Drähte schlägt man mittels eines Holzhammers auf einer Holzunterlage gerade. Ein metallener Hammer würde Eindrücke und Unebenheiten auf dem Draht erzeugen.

Um dünnen Draht in scharfem Winkel zu biegen, biegt man erst einen Schenkel mit der Flachzange um, wobei sich der andere etwas krümmt. Nun fasst man diesen mit der Zange und drückt ihn wieder gerade. Dicke Drähte werden mittels des Holzhammers im Schraubstock umgebogen.

Dicker Eisendraht lässt sich im glühenden Zustande sehr leicht von Hand biegen. Man spannt das eine Ende in einen Feilkloben und fasst



194 195 196

Fig. 194—196.

das andere, nachdem man es im Gasgebläse (siehe Glasblasen) zum Glühen erhitzt hat, mit der Flach- oder Rundzange, je nachdem man scharfe oder runde Biegungen herstellen will.

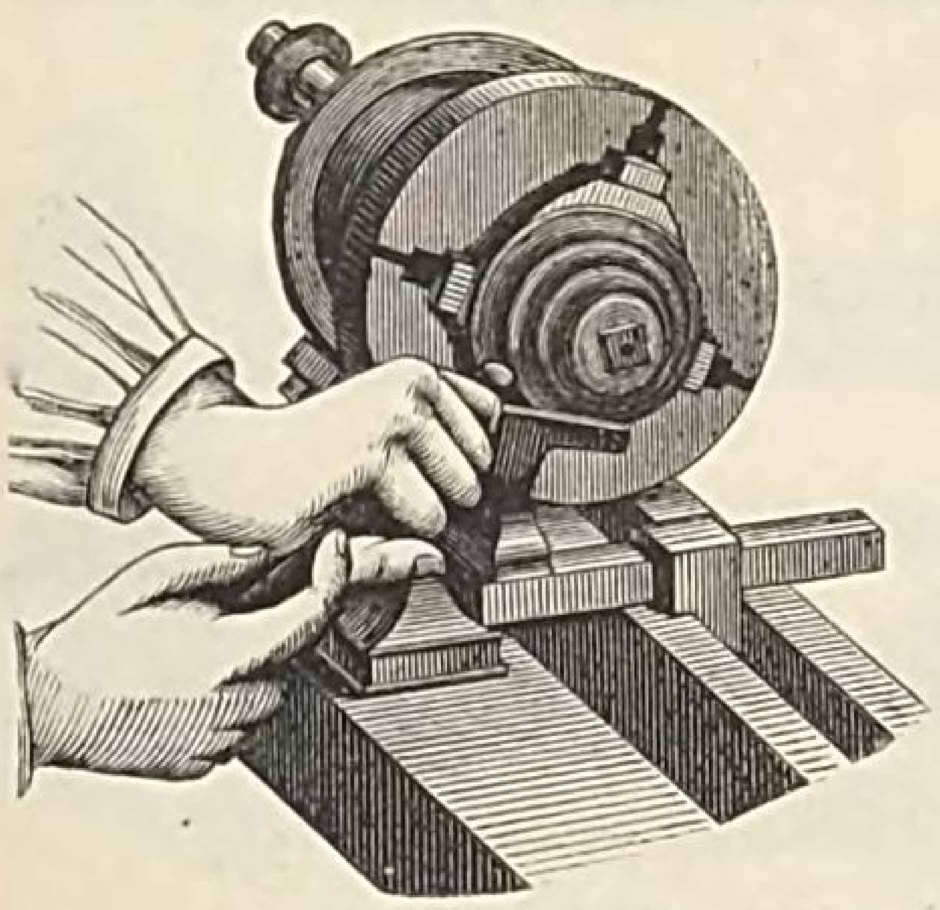
Messingdraht kann im glühenden Zustande nicht gebogen werden. Auch im harten Zustande springt er leicht, man glüht ihn deshalb zuvor und löscht rasch im Wasser ab, wodurch er weich wird.

Sind mehrere kreisförmige Ringe von gleicher Größe herzustellen, so wickelt man den Draht auf der Drehbank um einen passenden cylindrischen Dorn und kneift dann die einzelnen Ringe ab. Für complicirtere Formen, welche in mehreren Exemplaren hergestellt werden sollen, stellt man sich Schablonen her durch Einschlagen genügend starker Stifte in ein Brett, um welche dann der Draht herumgebogen wird. Es gilt dies namentlich auch für das Biegen dicker Eisenstangen, welche ebenfalls leicht von Hand gebogen werden können, wenn sie

nur genügend lang sind und an der betreffenden Stelle zum Glühen erhitzt wurden.

Beim Biegen einer Platte im kalten Zustande beachte man die Richtung der Fasern. Biegt man um eine Kante parallel zu den Fasern, so bricht dieselbe leicht durch; dagegen nicht, wenn die Biegung senkrecht zu den Fasern erfolgt.

Beim Biegen eines Stabes werden die äußeren Fasern gestreckt, die inneren gestaucht. Denkt man sich ebenso bei einer Platte die eine Begrenzungsschicht gedehnt, die andere gestaucht, so wölbt oder vertieft sich die Platte. Der hierzu nöthige Druck ist nun aber so beträchtlich, dass er, außer bei Bleiblech, nicht ohne weiteres mit der Hand erzielt werden kann. Man bedient sich deshalb abgerundeter, gewöhnlich am Ende knopfartig verdickter, gut polirter Stahlstäbe, der Drückstähle


197


198

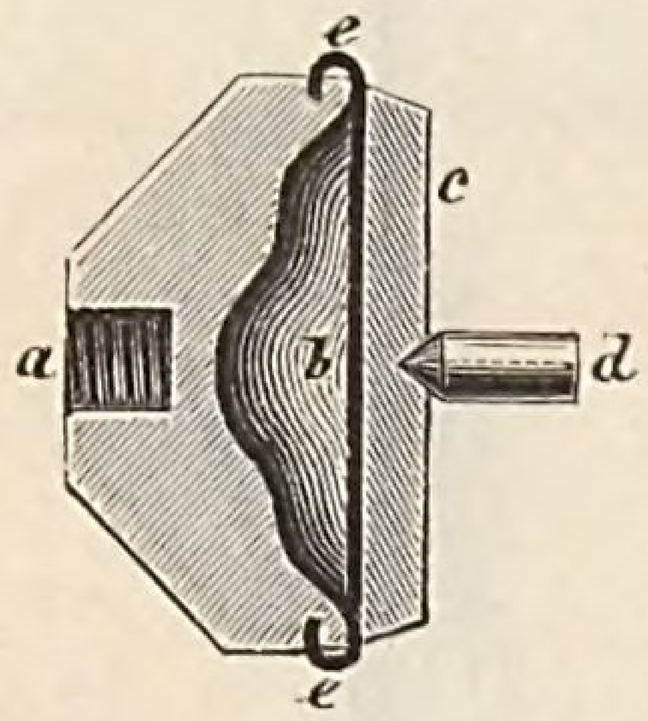
Fig. 197—198.

(Fig. 198), welche den Druck auf eine kleine Stelle concentriren. Um nun aber eine weitergreifende Vertiefung zu erzeugen, muss diese Stelle fortwährend geändert und außerdem das Verfahren vielfach wiederholt werden. Es ist dies nur bei runden Gegenständen möglich, welche hierzu auf der Drehbank eingespannt und in Umlauf versetzt werden, während man den Stahl auf die Auflage stützt und stark an die rotirende Scheibe andrückt. Man nennt die Operation »Drücken« und die Drehbank, insofern sie besonders hierzu vorgerichtet ist, Drückbank.

Die Blechscheibe wird im Mittelpunkt auf einer aus hartem Holz gefertigten Form, welche als Modell dient, befestigt und so lange gedrückt, bis sie sich dieser Form dicht anschmiegt (Fig. 197). Die Form erhält in der Regel ein Gewinde, mittels dessen sie sich auf die Drehbankspindel aufschrauben lässt. Letztere selbst muss hohl und auch im Innern mit einem Gewinde versehen sein, so dass man eine lange, mit Griff versehene Schraube, welche das ganze Futter durchzieht und die Blechscheibe an demselben festhalten soll, hinein schrauben kann.

Darf die Blechscheibe nicht, wie es zum Durchstecken der Druckschraube nöthig ist, in der Mitte durchbohrt werden, so wird sie durch einen Vorsatz, in welchen die Reitstockspitze eingreift, mittels dieser fest angedrückt. Wenn möglich, drückt man den Rand der Scheibe zuerst über die Form über, so dass nun dieser zur Befestigung dient und die Reitstockspitze wieder entfernt werden kann (Fig. 199). Das Loslösen nach dem Drücken geschieht dann einfach dadurch, dass man den umgelegten Rand mittels des Drehmeißels absticht.

Die Auflage an der Drehbank wird bei Anfertigung größerer gedrückter Gegenstände mit zwei eingesetzten Stiften versehen, um die Stähle gegen dieselben stützen zu können. Oft werden dann auch zugleich zwei Drückstähle angewendet, von welchen der eine mit der linken Hand gehaltene der Rückfläche des Blechs angelegt wird, um zu vermeiden, dass sich dasselbe in Falten ziehe. Zu gleichem Zwecke müssen zuweilen mehrere Drückfutter nach einander angewendet werden.



199

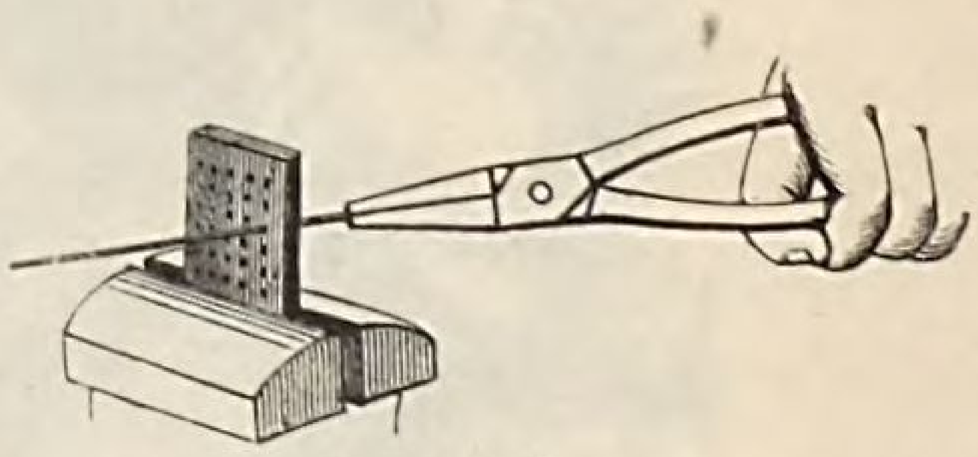

200

Fig. 199—200.

Ist z. B. aus einer ebenen Blechscheibe eine cylindrische Büchse zu drücken, so zieht man sie zuerst auf ein ganz stumpf conisches Futter, dann auf ein zweites etwas schärfer zulaufendes u. s. w., bis man schließlich nach einem schlank-conischen ein cylindrisches anwenden kann.

Um das Gleiten des Drückstahls auf dem Bleche zu befördern, schmiert man beide mit Oel oder Fett. Zuweilen versieht man die Stäbe auch mit kleinen Rädchen oder Walzen. Am leichtesten lassen sich natürlich weiche dehnbare Metalle wie (Zinn) Kupfer und Silber drücken, aber auch bei diesen wird die Arbeit schwierig, sobald in Folge sehr starker Dehnung Steifigkeit eingetreten ist. Man muss dann das Blech abnehmen und vorsichtig ausglühen.

Messing- und Tombakbleche reißen beim Glühen leicht in Folge der erhaltenen Spannung auf, falls sie nicht zuvor mittels eines Holzhammers am Rande überhämmert wurden.

Die Futter dürfen nicht unterschnitten sein, da sich sonst der fertig gedrückte Gegenstand nicht davon abnehmen lässt. Auch in andern Fällen kann das Abnehmen Schwierigkeiten bereiten, so dass man ge-

nöthigt ist, zusammengesetzte Futter anzuwenden, welche dann stückweise entfernt werden.

Eine andere Arbeit, welche auf Stauchen und Strecken beruht und meist mit einfachen Mitteln ausgeführt werden kann, ist das Drahtziehen.

Oft ereignet sich der Fall, dass man einen Draht von bestimmter Dicke gebraucht, der nicht vorräthig ist oder überhaupt im Handel nicht erhalten werden kann. Man behilft sich dann mit der nächst dickeren Sorte, indem man sie auf die gewünschte Dicke auszieht.

Bei dünnen Drähten lässt sich dies ebenfalls leicht mit der Hand ausführen mit Hülfe des sogenannten Zieheisens. Dasselbe ist eine gehärtete Stahlplatte, welche mit einer Reihenfolge immer enger werdender Bohrungen versehen ist und im Schraubstock befestigt wird. Man feilt das Ende des Drahtes schwach conisch zu und steckt es in eines dieser Löcher, in welches es so einpasst, dass nur ein kurzes Stückchen vorragt. Dieses vorragende Stückchen fasst man mit einer Flachzange

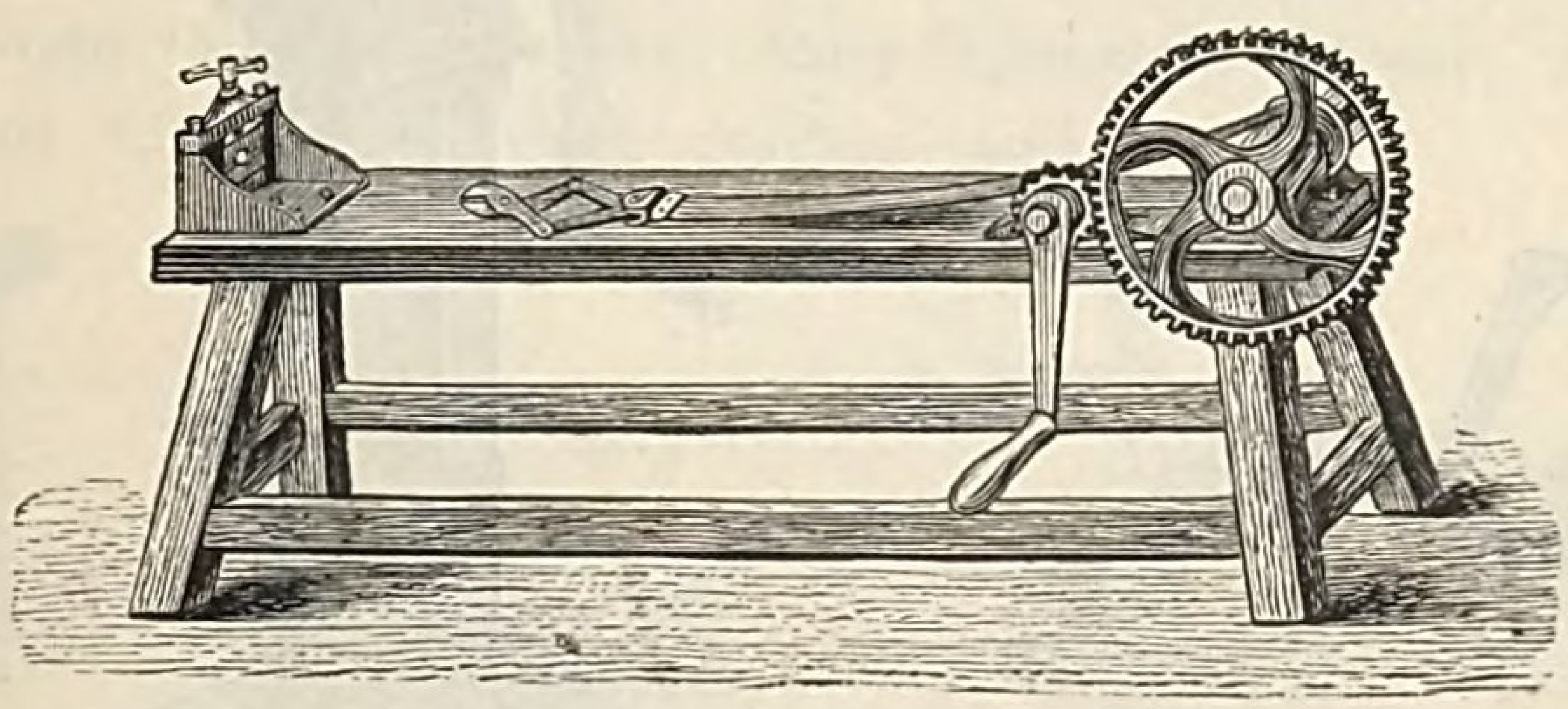


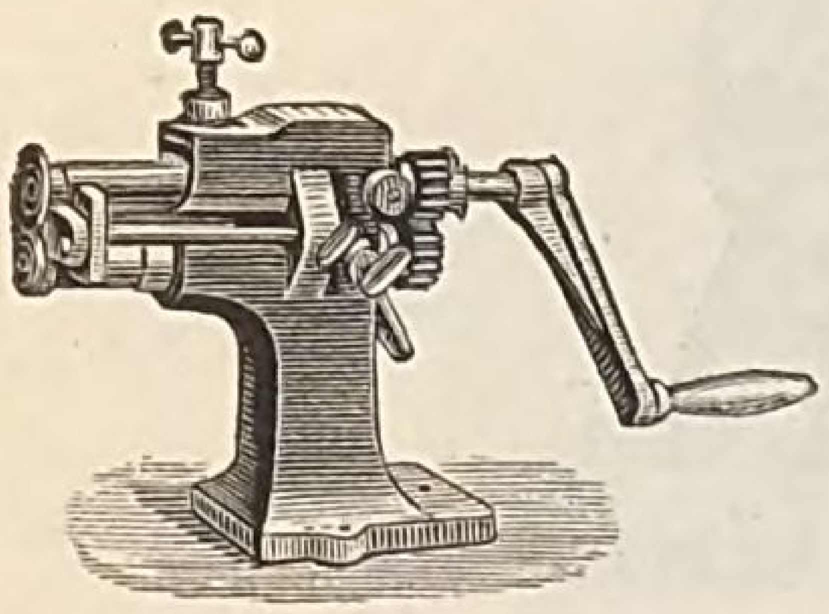
Fig. 201.

oder einem Feilkloben und zieht nun den ganzen Draht unter zeitweisem Einölen mit mäßiger Geschwindigkeit durch das Loch hindurch nach (Fig. 200). Dann zieht man ebenso durch das folgende Loch und fährt so fort, bis die gewünschte Dicke erreicht ist. Zeitweise muss die Arbeit unterbrochen werden durch Ausglühen des Drahtes, da er während des Ziehens steif und hart wird und also die nöthige Geschmeidigkeit verliert.

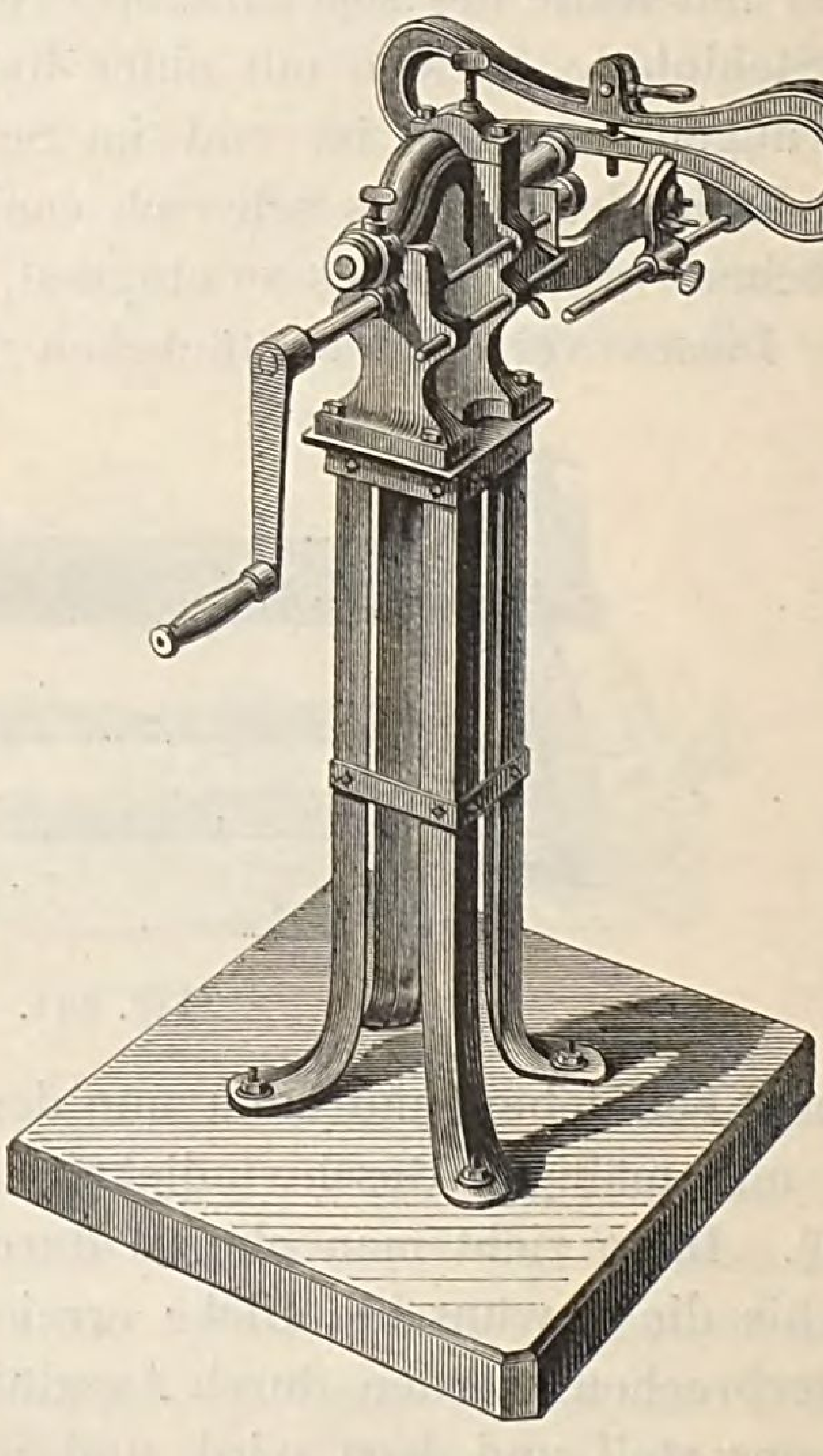
Für dicke Drähte verwendet man Zangen mit starkem Maul, welche so construirt sind, dass sie sich beim Anziehen von selbst immer fester schließen. Das Ziehen geschieht dann nicht mit der Hand, sondern auf der Ziehbank (Fig. 201 und Taf. XVI, Fig. 1) mittels eines Riemens oder einer Kette, die auf einen Haspel aufgewunden werden.

Sehr dicke Eisendrähte werden im glühenden Zustand gewalzt, ebenso wie auch die verschieden geformten Eisenstangen, Bleche und dergl. gewalzt werden. Für die Arbeiten im Kleinen haben solche Maschinen, außer etwa zur Herstellung sehr dünner Kupferbleche, keine Verwendung.

Blecharbeiter benutzen die Ziehbank auch, um Blechstreifen mit einem bestimmten Profil zu versehen. Der Streifen wird dabei zwischen zwei entsprechend profilirte, zusammenpassende Backen geklemmt und durchgezogen. Für schmale Streifen dient die im Folgenden zu besprechende Sickenmaschine, welche im wesentlichen ein kleines Walzwerk mit entsprechend geformten, ineinander greifenden Walzen (Fig. 202, Taf. XII, Fig. 2 und Taf. XIV, Fig. 1) darstellt. In dem Maße, als die Arbeit fortschreitet, wird die obere Walze der unteren durch An-



202



203

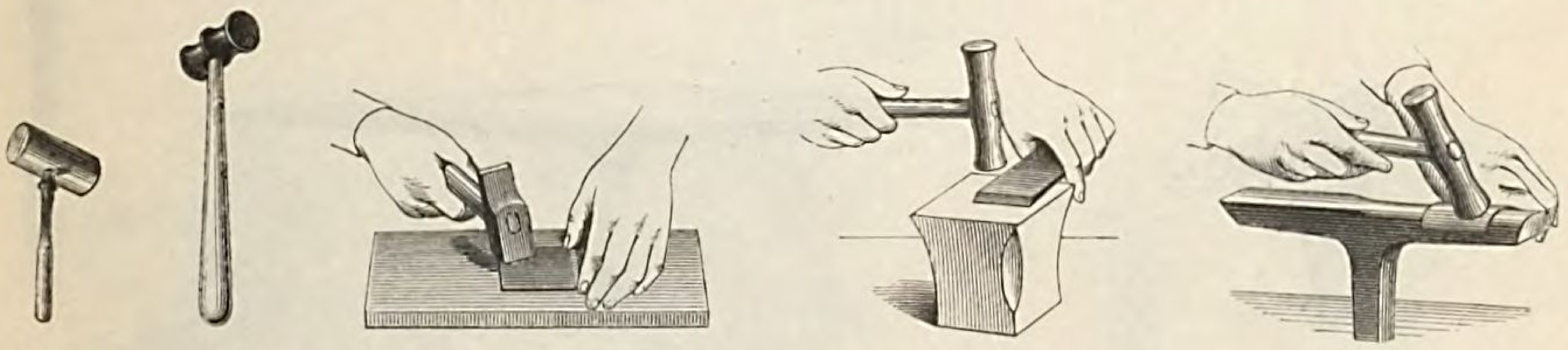
Fig. 202—203.

ziehen der Schraube genähert. Zuweilen ist die Maschine gleichzeitig auch als Bördelmaschine und Kreisschere eingerichtet (Fig. 203), so dass sie eine Art Universalmaschine für Blechbearbeitung bildet. Besonders zweckmäßig erscheint sie zum Einpressen schmaler, halbrunder, rinnenartiger Vertiefungen oder Erhöhungen (Sicken) in cylindrische Gefässe, Deckel und dergl., um diesen mehr Steifigkeit und Festigkeit zu verleihen, und zur Herstellung von Verzierungen.

Die Tafeln XIV—XVI zeigen die dazu nöthigen Walzen und deren Gebrauchsweise.

18. Blechschlagen und Prägen.

Von den eben besprochenen Arbeiten sind die folgenden prinzipiell nicht verschieden, der Unterschied beruht nur darin, dass der direkte Druck der Hand nicht mehr ausreicht, sondern der Kraft sammelnde Hammer oder irgend eine Kraftmaschine dieselbe unterstützen oder ersetzen müssen. Die erste Arbeit, welche bei Anfertigung von Blechgegenständen auftritt, ist gewöhnlich das Spannen oder Richten der Bleche. Es dient hierzu eine vollkommen eben und glatt geschliffene gusseiserne Platte, die schon früher erwähnte Richtplatte, welche man auf eine weiche Unterlage auflegt. Das eben zu richtende Blech wird mit der linken Hand gut angedrückt und mit der rechten ganz regelmäßig und gleichförmig mittels eines flachen polirten Hammers bearbeitet (Fig. 206). Die einzelnen Schläge dürfen nur ganz schwach sein und werden nicht auf beliebige Stellen vertheilt, sondern in gleichen Abständen reihenweise angebracht, ohne Rücksicht darauf, welche Stellen bereits eben und welche noch uneben sind.



204 205 206 207 208

Fig. 204—208.

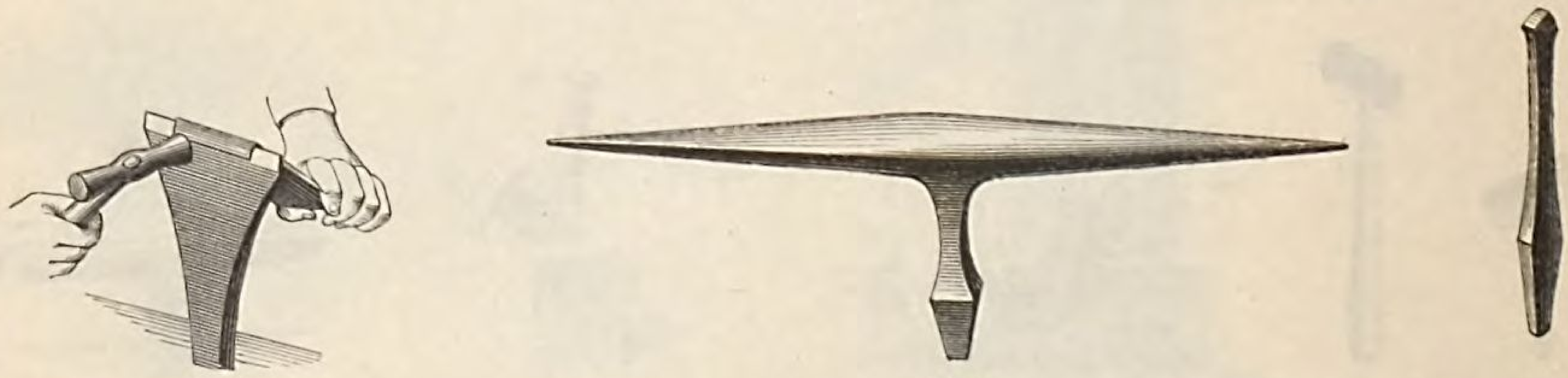
Ist die ganze Fläche überhämmert, so dreht man das Blech um und hämmert nunmehr die Rückseite, dann wieder die Vorderseite u. s. f., bis die Unebenheiten völlig verschwunden sind. Ist das Blech sehr dünn, so ist es kaum möglich, auf solche Weise das Ziel völlig zu erreichen. Man legt es dann zwischen zwei andere und überhämmert alle drei gleichzeitig.

Soll ein Blech cylinderförmig oder prismatisch gebogen werden, so hämmert man es mit dem Holzhammer (Fig. 204) über das Sperrhorn (Fig. 210), einen T-förmigen Ambos mit langen spitzen Hörnern. Bei weichem Blech genügt schon das Ueberdrücken mit der Hand. Soll das Arbeitsstück sehr glatt aussehen, so umwickelt man das Sperrhorn mit dünnem Leder und vollendet das Hämmern mit einem eisernen Hammer mit polirter Bahn, dem Polirhammer (Fig. 205). Zum rechtwinkeligen Umbiegen der Bleche dient die Abkantemaschine (Taf. XIV, Fig. 1), deren Wirkung die Figg. 1—4 auf Taf. XV veranschaulichen. Aehnlich dient die Wulstmaschine Taf. XVI, Fig. 2 zur Herstellung dicker Wülste (Taf. XIV, Fig. 5).

Eigentliche genau cylindrische Röhren werden zunächst an der Fuge gelöthet, gefalzt oder genietet und dann erst überhämmert, und zwar bedient man sich dazu cylindrischer Eisen- oder Stahlstäbe statt des Sperrhorns, oder für weitere Cylinder gedrehter Modelle aus hartem Holz.

Gewundene oder gebogene Röhren werden aus Kupferblech hergestellt und hart gelöthet, dann mit geschmolzenem Colophonium gefüllt und unter Zuhülfenahme eines Holzhammers nach dem Erkalten gebogen. Etwa auftretende Faltungen vertreibt man sofort im Entstehen durch Ueberhämmern mit dem Polirhammer. Bei weiten Röhren und starken Biegungen vollendet man die Operation nicht mit einem Male, sondern glüht das Rohr wieder aus, sobald es anfängt steif zu werden.

Zur Anfertigung von Trichtern dient ein Sperrhorn mit trichterförmigem Ansatz, Trichterhorn, oder auch ein Holzmodell. Für lange weite Röhren eignet sich sehr gut die sogenannte Rundmaschine (Fig. 212), bei welcher die Biegung durch drei Walzen verrichtet wird,



209 210 211

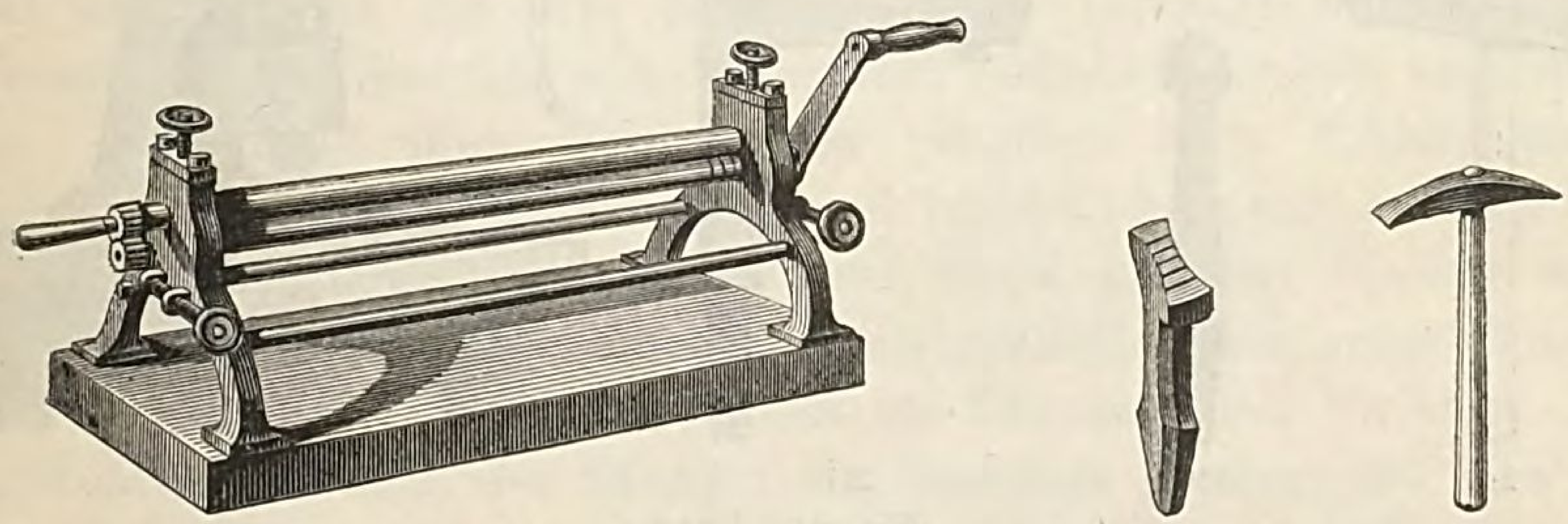
Fig. 209—211.

derart, dass je nach der Stellung der einen unteren Walze die Krümmung stärker oder schwächer ausfällt. Ist dieselbe so groß, dass ein vollkommen geschlossener Cylinder entsteht, so muss, um ihn entfernen zu können, die obere Walze abgenommen werden. Auch zum Geradrichten von Blech kann die Maschine benutzt werden, indem man das Blech erst nach der einen, dann nach der anderen Richtung biegt.

Kleine Umbiegungen des Randes von Blechstücken, Röhren und dergl. werden an der Kante des Polirstocks, des Umschlag- oder Bördeleisens vorgenommen. Der Polirstock (Fig. 207) ist ein kleiner glatt geschliffener, fast würfelförmiger Ambos, der mittels eines Zapfens in einem Holzstock oder im Schraubstock befestigt wird. Man lässt das Blech etwas über die Kante vorstehen und klopft es dann mittels des Holzhammers um. Der Gaisfuß und das Umschlageisen (Fig. 208, 209) dienen besonders dazu, um an kleineren Bleckstücken die Ränder aufzubiegen, wenn hierzu der Polirstock zu groß ist, oder der Rand nicht nur aufgebogen, sondern auch noch umgeschlagen werden soll. Das Bördeleisen (Fig. 211) hat

eine bogenförmige Kante, so gerichtet, dass die Ebene des Bogens vertical steht. Es dient hauptsächlich, um an runden Scheiben den Rand rechtwinkelig aufzubiegen, wie es nöthig ist, um cylindrische Böden durch Falzen an Gefäßen zu befestigen.

Soll der Rand eines Gefäßes umgebördelt werden und der entstehende Wulst zur Versteifung im Innern einen Draht enthalten, so bördelt man zunächst soweit um, dass sich der Draht eben noch einlegen lässt, drückt dann an einzelnen Stellen das Blech über, so dass er festgehalten wird, und vollendet schließlich das Ueberdrücken durch Ueberhämmern mit dem Holzhammer. Sehr zweckmäßig sind auch zur Herstellung der Falze und Bördel die bereits erwähnten Bördelmaschinen (Fig. 202 u. 203), deren Einrichtung, abgesehen von der Form der Walzen, mit derjenigen der Sickenmaschinen identisch ist. Sie bewirken das Umdrücken durch geeignete Walzen, wie es die Figuren auf Taf. XIV, XV, XVI zeigen. Der Gebrauch erfordert nicht unerhebliche Uebung, so dass man nur dann, wenn sehr viele Gegenstände in gleicher Art herzustellen sind, mit Vortheil arbeitet.



212 213 214

Fig. 212—214.

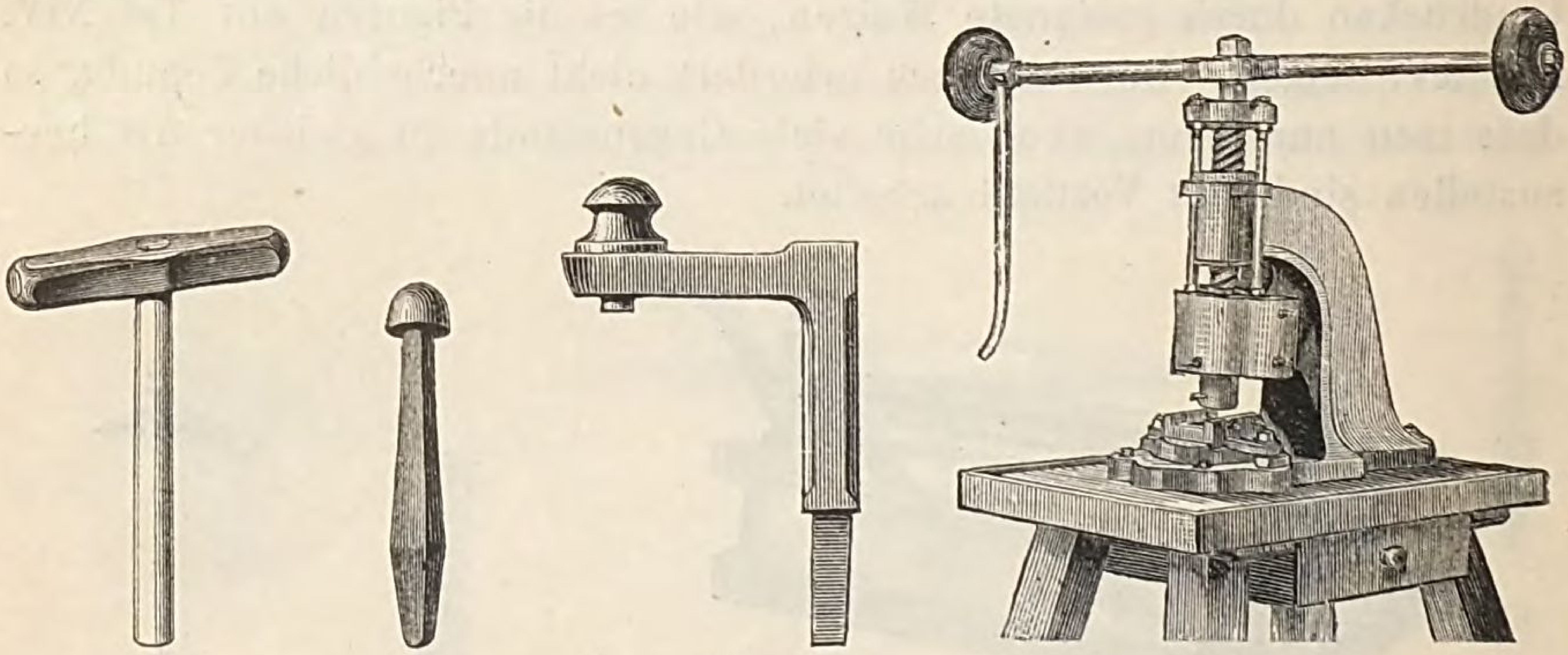
Um rinnenartige Vertiefungen ohne Hülfe der Sickenmaschine herzustellen, gebraucht man Sickenstöcke (Fig. 213) und Sickenhämmer (Fig. 214). Ein Sickenstock ist ein T-förmiger Ambos, dessen polirte schmale Bahn mit quer laufenden, halbrunden Rinnen versehen ist, in welche die gleichfalls polirten Finnen der verschiedenen Sickenhämmer mit geringem Spielraum gerade einpassen. Legt man also ein Blechstück auf den Sickenstock und überhämmert es über der Rinne mit dem Sickenhammer, so wird daselbst eine genau entsprechende schmale Rinne eingetrieben. Zur Bearbeitung cylindrischer Arbeitsstücke (kleine Büchsen u. dergl.) ist umgekehrt der (in diesem Fall nach Art eines Sperrhorns gestaltete) Sickenstock mit halbrunden Wülsten und der Sickenhammer mit einer entsprechenden Rinne versehen.

Um schwach gewölbte Scheiben herzustellen, werden ebene Scheiben ausgetieft. Es geschieht dies ähnlich wie das Richten von Blech mittels

eines schwach convexen Polirhammers auf dem Polirstock, indem man die Schläge in regelmäßiger Folge in einer Spirale von der Mitte zum Rand führt. Man bleibt dabei aber immer mehr vom Umkreise zurück, so dass die größte Ausdehnung in der Mitte stattfindet, während der Rand unausgedehnt bleibt, also das Ganze sich wölben muss.

Wird eine ebene Scheibe ringsum in der Nähe des Randes durch starkes Hämmern ausgedehnt, ganz am Rande und in der Mitte dagegen nicht, so richtet sich der Rand in die Höhe und kann durch Zusammenstauchen, d. h. durch Hämmern von der Außenseite völlig aufgerichtet, »aufgezogen« werden.

Ein cylindrischer Gegenstand kann durch Hämmern von außen an einer bestimmten Stelle, z. B. längs des Randes, auf kleineren Durchmesser zusammengestaucht werden, man nennt dies »Einziehen«. Wird



215 216 217 218

Fig. 215—218.

die Wandung eines Rohres durch Ueberhämmern so ausgedehnt, dass sie sich trompetenartig erweitert, so nennt man dies »ausschweifen«.

Soll eine Blechscheibe sehr stark, z. B. halbkugelförmig vertieft werden, so hämmert man sie zunächst auf einem concaven, ausgedrehten Holz- oder Bleiklotz, eventuell nach einander auf mehreren, mit verschiedener Vertiefung unter Anwendung eines Polirhammers mit stark convexer Bahn, des Knopfhammers (Fig. 215), und vollendet dann die Arbeit auf einem entsprechenden, halbkugeligen Ambos, dem Knopfeisen (Fig. 216).

Aehnlich können durch Anwendung anderer Holzmodelle, namentlich bei Anwendung von weichem Kupferblech, die verschiedensten Formen »getrieben« werden. Zur Vollendung dient dann ein Γ-förmiger Ambos mit verschiedenen Einsätzen, Stöckchen (Fig. 217).

Um die entstellenden Spuren der Hammerschläge zu verwischen, müssen die Gegenstände schließlich geschlichtet werden in der Weise, dass man die Rückseite mit einem lederüberzogenen Hammer bearbeitet,

während die zu glättende Seite auf dem Polirstock ruht, oder umgekehrt mit einem Polirhammer auf der Vorderseite, während der Ambos mit Leder überzogen ist.

Sehr kleine Vertiefungen können nicht mittels des Hammers allein getrieben werden. Man bedient sich hierzu der Punzen. Es sind dies kleine gehärtete Stahlstäbchen, deren Ende je nach der Vertiefung, die man erzeugen will, verschieden geformt ist. Das Blech wird dabei nicht auf eine bereits gehöhlte Unterlage aufgelegt, sondern auf nachgiebigen Kitt, Treibkitt, bestehend aus 2 Theilen schwarzem Pech, 1 Theil feinem Ziegelmehl, etwas Talg, Wachs oder Terpentin. Der Kitt muss hinreichende Festigkeit besitzen, um den Eindruck auf die Stelle zu beschränken, wo die Punze unmittelbar einwirkt. Man treibt zunächst einfach mit dem Hammer, wie oben beschrieben, die Vertiefungen im Groben, glüht das Blech aus, bestreicht es im warmen Zustand auf der Rückseite mit Treibkitt in genügend dicker Schicht und drückt es dann mit dieser Seite auf die Treibkugel, d. h. eine eiserne oder steinerne Halbkugel, deren ebene Seite bereits mit einem Klumpen Treibkitt bedeckt ist. Alsdann legt man diese mit ihrem convexen Theil auf einen eisernen Ring, so dass sie sich leicht nach Bedürfnis wenden und drehen lässt. Sind nicht allein Vertiefungen, sondern auch Erhöhungen zu treiben, so kehrt man das Blech um und bearbeitet es von der Rückseite.

Kleinere Arbeiten, die in größerer Masse gefertigt werden sollen, werden mit einem Male mittels eines speziell dazu ausgearbeiteten stählernen Stempels getrieben, wobei als Unterlage ein Bleiklotz dient. Umgekehrt kann auch der Stempel als Unterlage dienen, das Blech mit einer Bleiplatte und diese mit einer Eisenplatte bedeckt und nun überhämmert werden. Zweckmäßiger dient zum Eintreiben des Blechs eine Hebel- oder Schraubenpresse, sogenannte Stanze (Fig. 218). Verwendet man eine dem Stempel entsprechende Matrize an Stelle des Bleiklotzes, so genügt häufig ein Stempel aus weicherem Metall. In der Regel wird dann die Matrize gravirt (in Stahl, Messing, Zink) und das weichere Metall, aus welchem der Stempel bestehen soll (Kupfer, Zinn, Blei), in dieselbe eingegossen, gedrückt oder geschlagen.

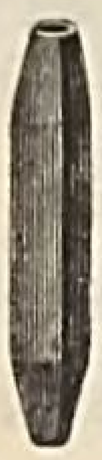
Sehr dünnes Blech zieht leicht Falten und wird daher schon zuvor durch Treiben dem Stempel einigermaßen angepasst.

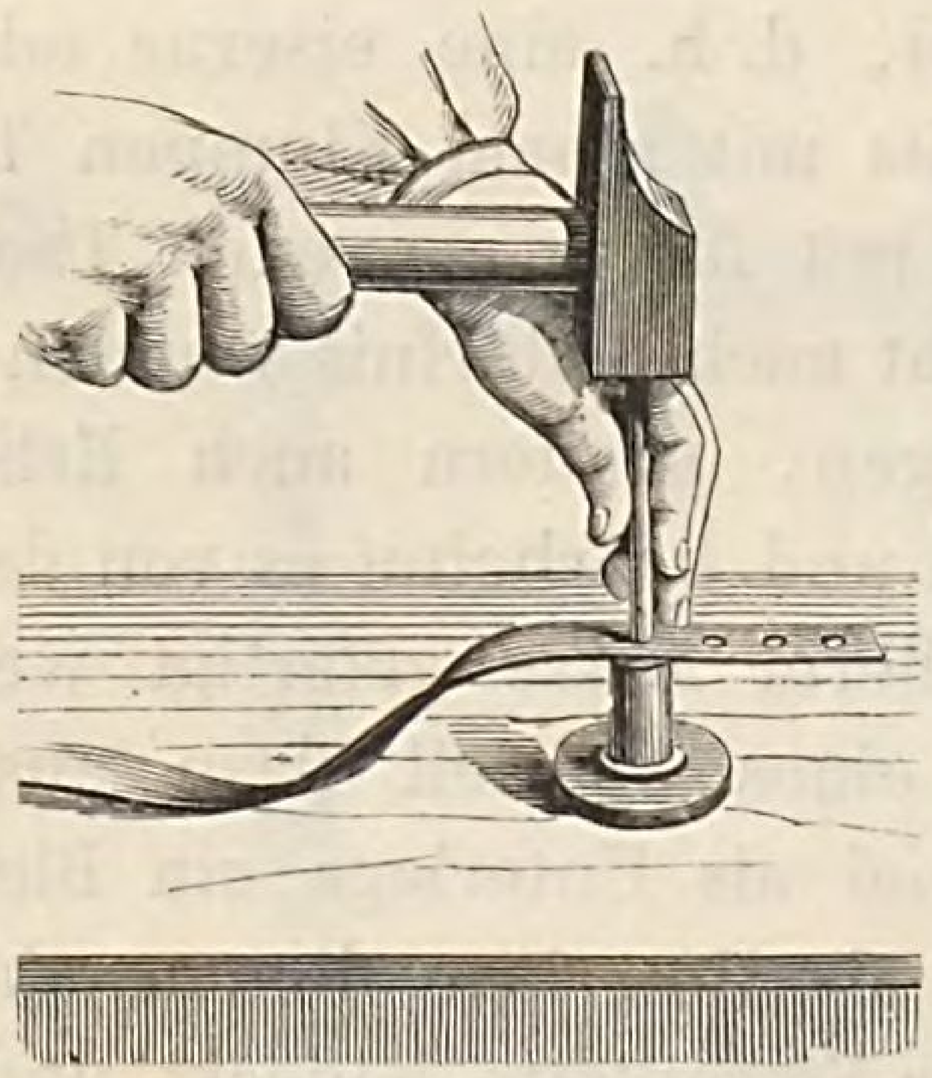
Bei Herstellung stark vertiefter Gegenstände wendet man eine ganze Reihe von Stempeln nach einander an, von denen jeder folgende etwas tiefer wirkt als der vorhergehende. Von Zeit zu Zeit muss das Arbeitsstück wieder geglüht werden, um die entstandene Spannung und Härte zu beseitigen. Solche tiefwirkende Stanzen werden indess nur bei Massenanfertigung von Industriegegenständen verwendet und sind für den Physiker lediglich von theoretischem Interesse, da weder die Anfertigung

der Stempel, noch die Anschaffung der gewaltigen Pressen für kleine Arbeiten sich lohnen würde.

Kleine Stanzen sind zuweilen sehr primitiv, etwa in Form einer Zange und dergl. eingerichtet. Ein ganz nützliches Instrument dieser Art ist der Oesendrücker, welcher dazu dient, Löcher in Leder, Tuch, Pappe und dergl. mit einer Einfassung aus Messing zu versehen. Die Oesen sind bereits völlig präparirt im Handel zu haben, man muss sie nur einstecken und den Stempel aufsetzen, durch einen kurzen Schlag auf den letzteren werden sie dann so über die Ränder der Oeffnung übergedrückt, dass ein Lösen nicht mehr möglich ist.

Eine bekannte und nützliche Anwendung der Punzen ist auch die zur Herstellung von Inschriften oder Nummern auf Metallgegenständen. Man gebraucht hierzu die Buchstaben- oder Zahlenpunzen (Fig. 219), die in verschiedener Größe fertig im Handel zu beziehen sind. Sie


219


220

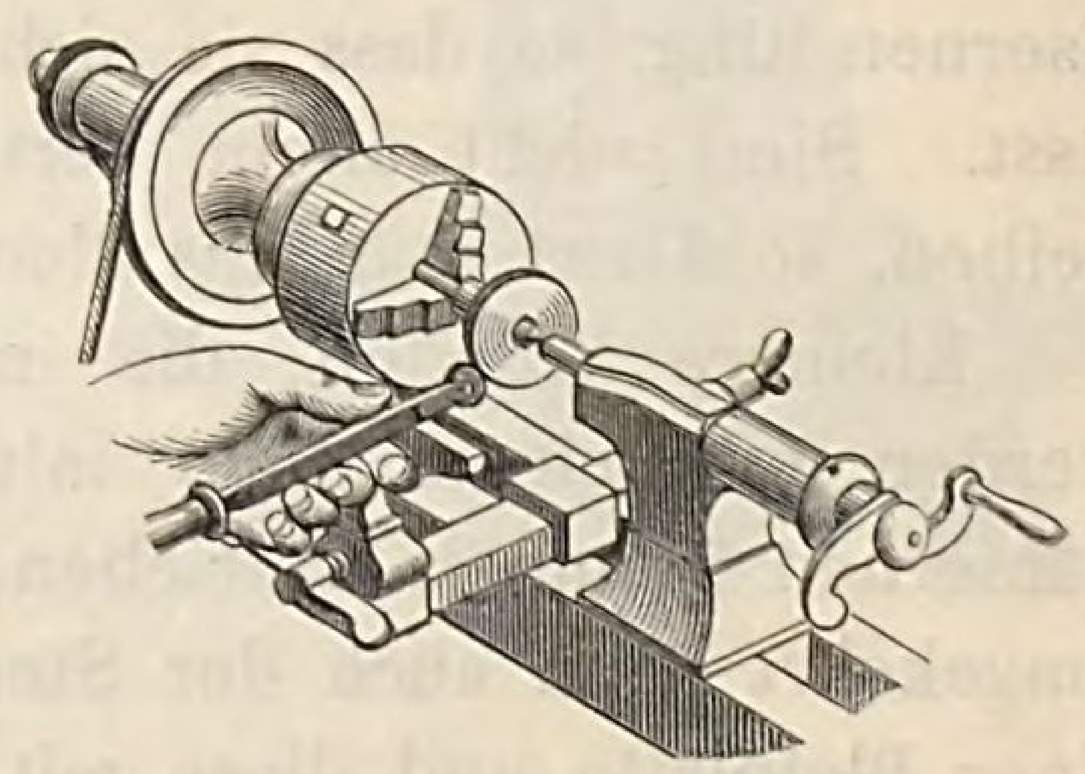

221

Fig. 219—221.

werden einfach mittels des Hammers eingeschlagen, während das Arbeitsstück auf dem Ambos aufliegt.

Durch feingekörnte Punzen, Mattpunzen, erzeugt man in ähnlicher Weise auf glänzenden Flächen matte Stellen zur Dekoration.

Verwandt ist ferner das namentlich bei Schraubenköpfen für physikalische Apparate häufig zur Anwendung kommende Randeriren. Es bezweckt, den gewölbten Rand einer Scheibe mit einer Rippung zu versehen, so dass dieselbe mit größerer Reibung durch die Finger in Drehung versetzt werden kann. Man lässt die Scheibe auf der Drehbank umlaufen, gibt dem Rand durch Drehen, gewöhnlich mit einem entsprechenden Façonstahl, dessen Schneide die Form des herzustellenden Profils besitzt, die nöthige Rundung und ersetzt nun den Drehstahl durch den Randerirstahl, in dessen gabelförmigem Ende ein kleines gekerbtes Stahlrädchen angebracht ist. Man versieht letzteres mit etwas Oel, lässt

das Arbeitsstück rasch umlaufen und drückt den Randerirstahl fest dagegen, so dass sich das Rädchen auf dem Umfang der Scheibe abwälzt und die Rippung eindrückt (Fig. 221). Statt Rippen kann man so auch verschiedene andere nicht zu tief gehende Muster einprägen.

Ersetzt man die Scheibe durch ein cylindrisches Holzfutter, um welches ein zusammengelötheter Blechstreifen gelegt ist, so kann man in gleicher Weise auch auf diesem mittels geeigneter Rädchen verschiedene Muster eindrücken. Löthet man dann die Fuge wieder auf, so hat man einen geraden verzierten Blechstreifen.

19. Poliren von Metall.

Durch Anwendung gut polirter Drückstähle beim Drücken von Blech oder von Polirhämmern beim Treiben wird, abgesehen von der Formgebung im großen, auch noch der weitere Zweck erreicht, dass die feinen Rauhigkeiten, welche die Oberfläche der nur roh bearbeiteten Gegenstände unansehnlich machen, niedergerdückt und geebnet werden, so dass die Fläche polirt erscheint. Auch zum Poliren gefeilter oder geschliffener Gegenstände dient häufig das Bearbeiten mittels eines Polirstahls (Fig. 222).


Fig. 222.

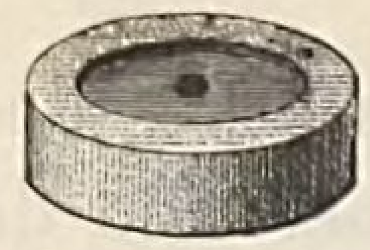
Die Polirstähle haben je nach dem speziellen Zwecke, dem sie dienen sollen, sehr verschiedene Form, haben aber alle das mit einander gemein, dass sie ausgezeichnet glatt und gut polirt sein müssen und nirgends scharfe Kanten besitzen dürfen. Zuweilen findet statt Stahl auch sogenannter Blutstein (besonders dichtes und hartes Rotheisenerz) vortheilhaft Verwendung, doch sind gute Stücke selten. Für weiche Metalle dient auch wohl gut geschliffener und polirter Achat.

Das Verfahren selbst ist sehr einfach. Der Stahl wird mit der rechten Hand gefasst, auf das Arbeitsstück angedrückt und so lange hin- und hergeführt, bis der gewünschte Glanz eingetreten ist. Gegenstände aus dünnem Blech werden dabei auf eine entsprechende Bleiunterlage gelegt, um keine Eindrücke zu erzeugen. Runde Gegenstände lässt man natürlich auf der Drehbank umlaufen und handhabt den Polirstahl ähnlich wie den Drückstahl. Zur Verminderung der Reibung muss man den Stahl stets schlüpferig halten durch Benetzen mit Seifenwasser, Oel, Bierhefe oder Essig. Wie alle Werkzeuge durch den Gebrauch ihre Schärfe verlieren, so auch der Polirstahl. Bei fortgesetzter Arbeit greift er nicht mehr an und gleitet wirkungslos über das Arbeitsstück weg. Man muss ihm dann durch Streichen auf einem mit geschlämmter Zinnasche und Oel bestrichenen Leder wieder die frühere Politur geben.

Einem Gegenstand mittels des Polirstahls eine ganz gleichmäßige

Politur zu geben hält sehr schwer und erfordert viele Uebung. Der Gebrauch beschränkt sich daher auf weniger exakte, namentlich mit Erhöhungen und Vertiefungen versehene Gegenstände, bei denen es wesentlich nur darauf ankommt, ihnen Glanz zu verleihen.

Zuweilen gebraucht man mit Vortheil, statt des Polirstahls eine Polirkette oder Polirfeile. Eine Polirfeile ist im Prinzip ebenso gearbeitet wie eine gewöhnliche feine Feile, nur sind die Zähne sehr stumpf und nicht scharfkantig, sondern gerundet und polirt. Polirfeilen aus Stahl finden indess selten Verwendung. Weit mehr Holz-, Leder- oder Zinkfeilen, wie sie schon beim Schleifen erwähnt wurden. Die Zähnchen werden hier durch sehr fein geschlämmte Pulver ersetzt, welche mit Oel oder Weingeist benetzt auf die Fläche aufgetragen werden. Für Körper, welche mit Vertiefungen versehen sind, behilft man sich mit Leder- oder Filzbäuschchen an Stelle der Feilen.


223


224

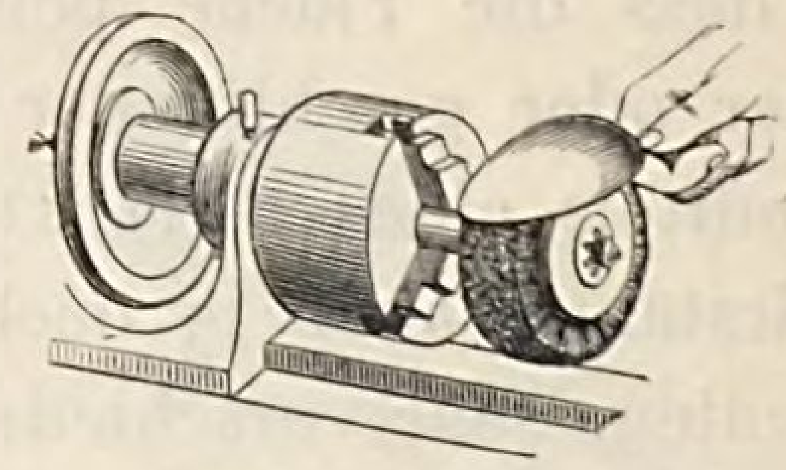

225

Fig. 223—225.

Das beste Polirpulver ist Eisenoxyd, künstlich hergestellt und fein geschlämmt. Es ist im Handel unter sehr verschiedenen Benennungen und in verschiedener Güte zu erhalten (Polirroth, Krokus, Englischroth, Pariserroth, Caput mortuum, Kolkothar etc.). Je dunkler die Farbe, um so härter ist es. Die hellrothen, weichen Sorten eignen sich besonders für weiche Metalle, die braunrothen, ins Violette spielenden harten hauptsächlich für Stahl. Messing erhält dadurch eine sehr vollkommene gelbe Politur, Stahl sehr schönen schwarzen Glanz. Für glasharten Stahl wird mit Vortheil statt des Polirroths auch feingeschlämmte Zinnasche gebraucht.

Ein zweites vielfach gebrauchtes Polirmittel ist der Wienerkalk (Aetzkalk), der besonders auf Messing, mit Oelsäure vermischt auf Filz aufgetragen, sehr rasch Politur erzeugt. Mit Kalk polirte Gegenstände haben aber im Vergleich mit den mit Roth polirten ein wenig vortheilhaftes bleiches Aussehen, außerdem ist es nöthig, den Kalk vollkommen gegen Luftzutritt geschützt aufzubewahren, da er rasch Feuchtigkeit und Kohlensäure anzieht und dadurch unbrauchbar wird.

Sehr zweckmäßig sind Polirscheiben, welche auf der Drehbank ebenso wie Schleifscheiben in Umlauf versetzt werden und wie solche aus Holz bestehen und mit Leder oder Filz überzogen sind. Man lässt dieselben möglichst rasch, bis zu 36 m Peripheriegeschwindigkeit in der Sekunde, umlaufen.

Alle Polirmittel müssen sehr sorgfältig rein gehalten und in besonderen Futteralen aufbewahrt werden.

Ein weiteres Mittel, um Flächen, namentlich gegossener oder galvanoplastisch hergestellter Gegenstände glänzend zu machen, sind die Kratzbürsten. Es sind dies pinselförmige Drahtbüschel, die man sich leicht selbst herstellen kann, oder auch eigentliche Bürsten. Pinselförmige Kratzbürsten aus sehr feinen Glasfäden (Fig. 224) werden besonders verwendet, um Silbergegenständen einen matten Glanz zu verleihen. Besonders wichtig sind aber die rotirenden Drahtkratzbürsten (Fig. 225), einer kreisförmigen Bürste gleichend, welche auf der Drehbank in sehr rasche Rotation versetzt werden (bis zu 3000 Umdrehungen in der Minute). Sie dienen in der Industrie hauptsächlich für Messinggusswaaren und galvanisch versilberte Gegenstände.

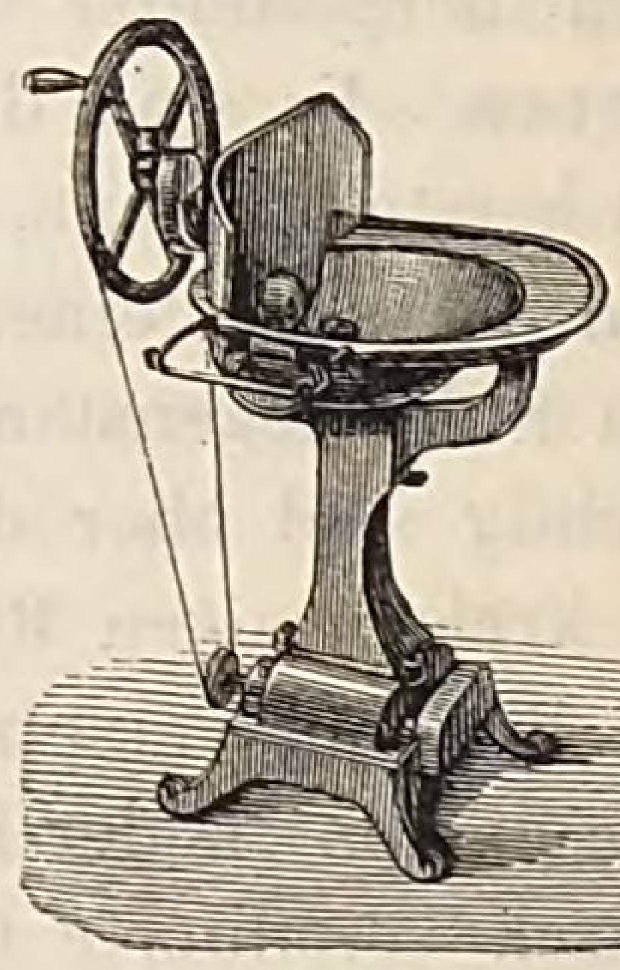
20. Schmieden.

Das Biegen und Drücken von Eisen lässt sich nur bei dünnem Draht und Blech im kalten Zustande ausführen. Dickere Stücke müssen glühend gemacht und dann mit dem Hammer auf dem Ambos geschmiedet werden.

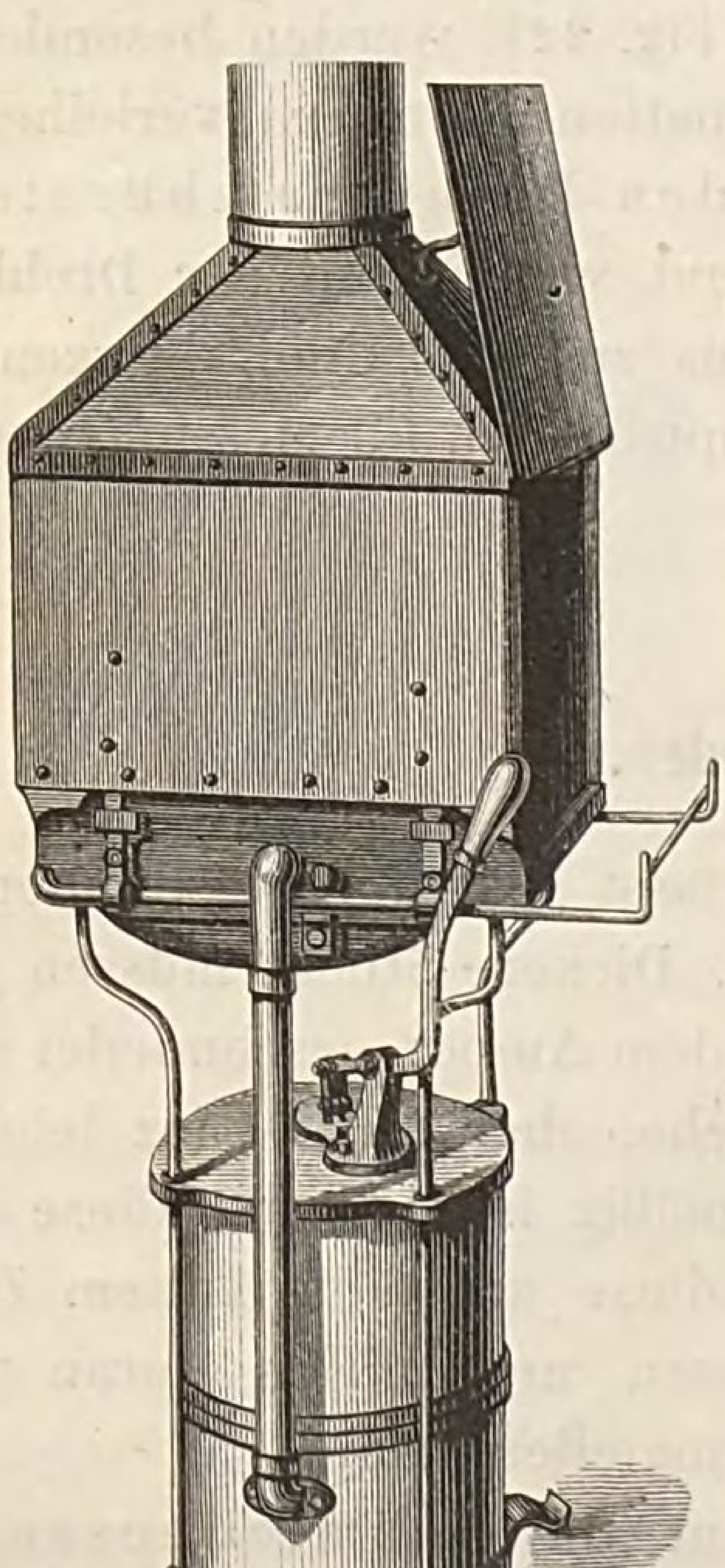
Das Schmieden ist eine sehr nützliche, aber nicht ganz leichte Arbeit, die viel Uebung verlangt. Zweckmäßig ist es, sich diese Uebung an Bleistücken zu verschaffen, da sich diese schon in kaltem Zustande leicht in gleicher Weise bearbeiten lassen und nichts daran verloren ist, insofern man sie jederzeit wieder umgießen kann.

Zum Erhitzen der Eisenstücke dient die Schmiedeesse, deren wesentlichste Theile die Feuergrube und die Blasevorrichtung sind. Für die hier in Betracht kommenden Arbeiten eignet sich am besten eine sogenannte Feldschmiede, bei welcher sowohl die Feuergrube, wie auch das ganze Gestell aus Eisen hergestellt ist. Zum Blasen dient entweder ein Blasebalg (Fig. 226), ein Ventilator (Taf. XIII, Fig. 3) oder ein Root's Gebläse (Fig. 227). Die Düse, welche den Wind in die Feuergrube einführt, ist entweder seitlich oder unten angebracht. In letzterem Falle wird der Boden der Grube rostförmig gestaltet, so dass der Wind durch mehrere Oeffnungen eintritt, auch muss das Feuer höher aufgeschichtet werden, damit das zu erhitzende Eisen der Mündung nicht zu nahe komme und hierdurch zu stark abgekühlt werde.

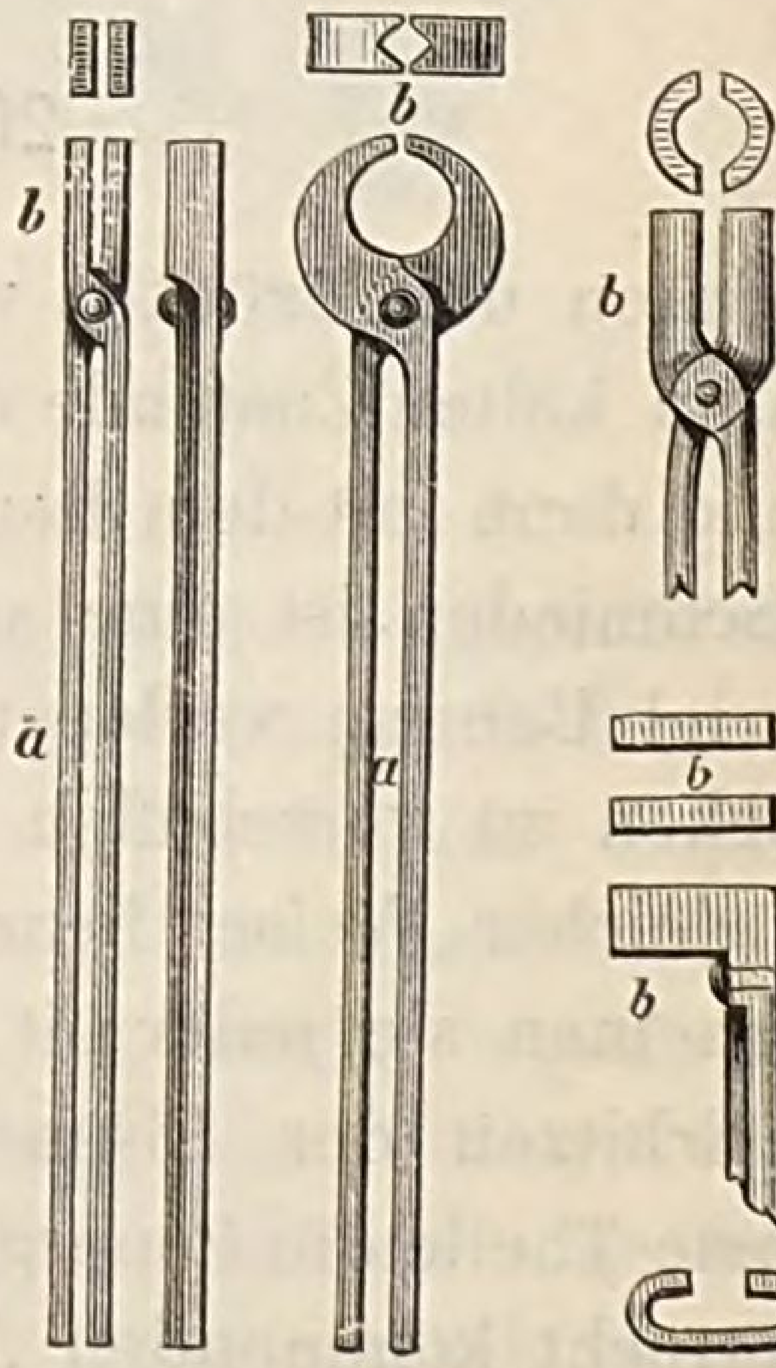
Zum Entzünden des Feuers verwendet man eine Hand voll Hobelspähne, auf welche Holzkohlen geschichtet werden. Eventuell kann auch eine Gasflamme dazu dienen, die Holzkohlen zu entzünden. Sind dieselben gut in Brand, so gibt man eine Schicht Schmiedekohlen auf. Es sind dies Steinkohlen, welche in besonders hohem Grade die Fähigkeit haben, zusammen zu backen. In Folge dessen bildet sich über der glühenden Kohlenmasse eine dichte Decke, welche die Luft nur da entweichen lässt, wo man sie durchsticht, so dass man es ganz in der



227



226



228

Fig. 226—228.

Gewalt hat, das Feuer auf eine bestimmte Stelle zu concentriren. Dringt die Gluth durch die Decke durch, so bespritzt man diese mit Wasser, bis sie sich wieder genügend gekühlt hat. Man kann hierzu seitlich einen Trog mit Wasser anbringen und zum Bespritzen einen benetzten Lappen mittels des Löschspießes über die Kohlen bringen, wie dies in Schmiedewerkstätten gewöhnlich geschieht, oder reinlicher hierzu einen mit Brause und Hahn versehenen Schlauch der Wasserleitung benutzen.

Feine Schmiedearbeiten, namentlich Stahlsachen, werden in reinem Holzkohlenfeuer geschmiedet, da Steinkohlen Schwefel enthalten, welcher dem Eisen und Stahl nachtheilig ist. Auch ist die Hitze des Holzkohlenfeuers nicht so energisch wie die des Steinkohlenfeuers, so dass weniger leicht Verbrennen des Eisens oder Stahls eintritt.

Um das Eisen leicht mit der Hand regieren zu können, meißelt man dasselbe nicht zuerst von der Stange, welche das Rohmaterial bildet, ab, sondern erst, wenn die Formgebung beendet ist, so dass bis dahin die Stange als Griff dient. Dieselbe muss natürlich hinreichend lang sein, damit die Wärme sich nicht bis zu dem in der Hand gehaltenen Ende fortpflanzen kann.

Ist der Stab zu kurz, so schweißt man einen andern an. Kann dies aber nicht geschehen, so dient zum Festhalten eine Schmiedezange (Fig. 228). Solche sind von geschmiedetem Eisen, haben lange, etwas federnde Griffe (*a*) und verschieden geformtes Maul (*b*). Größere werden durch einen über die Griffe geschobenen Ring festgeschlossen, sobald das Arbeitsstück damit gefasst ist.

Zum Fassen von Flacheisen dienen Zangen mit flachem Maul, deren man mehrere haben muss, nämlich schmal- und breitmaulige, und außerdem solche, deren Backen nahe zusammen gehen, so dass man sehr dünne Stücke damit packen kann, und andere mit weiter abstehenden Backen zum Festhalten dicker Stücke.

Für Rund- und Quadrateisen dienen Zangen mit concaven Maulflächen, welche also das Arbeitsstück gleichzeitig seitlich umfassen, so dass es sich nicht verschieben kann.

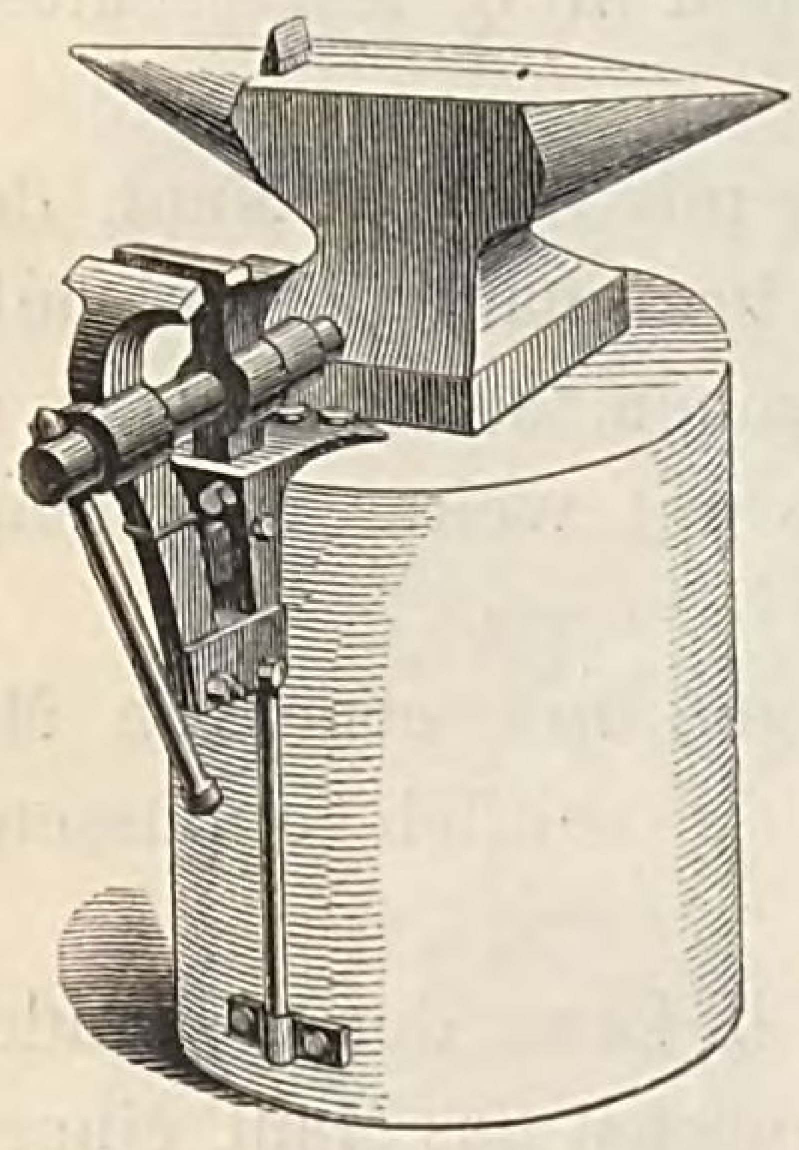
Ist ein Arbeitsstück zu bearbeiten, welches in keine der vorhandenen Zangen gut einpasst, so schmiedet man sich zunächst das Maul einer annähernd passenden Zange genau für den betreffenden Fall zurecht. Jedenfalls muss das Eisen in der Zange gut festsitzen, denn andernfalls kann es durch einen unsicher geführten Schlag leicht fortgeschnellt werden und erheblichen Schaden anrichten.

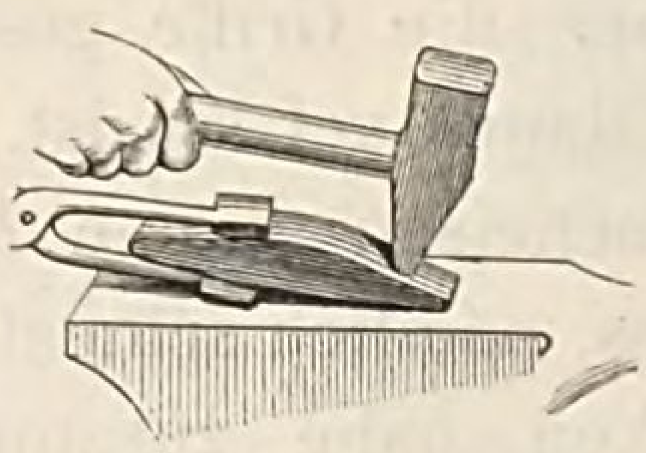
Beim Einlegen des Eisens in das Feuer ist dafür zu sorgen, dass es ringsum gut von Kohlen umgeben ist und sich der Windeinströmungsstelle nicht zu nahe befindet. Sobald in dem Feuer sich glänzende Funken (von verbrennenden Eisentheilchen) zeigen, ist die Hitze zu groß und es kann sich ereignen, dass das eingelegte Eisen theilweise oder völlig abbrennt; man muss also sorgfältig hierauf achten.

Ist die richtige Glühhitze erreicht, so bringt man das Arbeitsstück rasch auf den Ambos, reibt zunächst an der Amboskante den Glühspahn ab und gibt ihm dann mittels Hammerschlägen, welche mit der rechten Hand geführt werden, die gewünschte Form. Ist die Temperatur bis zu Dunkelrothgluth gesunken, so muss man mit Schmieden aufhören und

von neuem erhitzen. Je weniger solche Hitzen erforderlich sind, um so besser, denn um so geringer ist der Verlust durch Abbrand. Man wählt daher das als Rohmaterial dienende Stabeisen in solcher Stärke aus, dass es nur wenig Bearbeitung erfordert.

Der Ambos (Fig. 229) ist aus Eisen geschmiedet und auf seiner oberen Fläche, der Bahn, mit einer gehärteten angeschweißten Stahlplatte bedeckt, die glatt abgeschliffen ist und Oeffnungen zum Einstecken von Hülfswerkzeugen enthält. Bequem ist es, wenn der Ambos ein Horn (oder deren zwei) besitzt, um Stäbe darauf rund biegen zu können. Als Unterlage dient ein schwerer Klotz von Eichenholz. Der Ambos besitzt auf seiner unteren Fläche ein viereckiges Loch, in welches ein viereckiger Zapfen eingepasst wird, den man dann in die Mitte des Holzstockes mit seiner Spitze eintreibt. Dieser Zapfen ist nöthig, damit sich der Ambos nicht während der Arbeit verschiebe oder gar über den Holzklotz überkippe und herunterfalle.


229


230


232

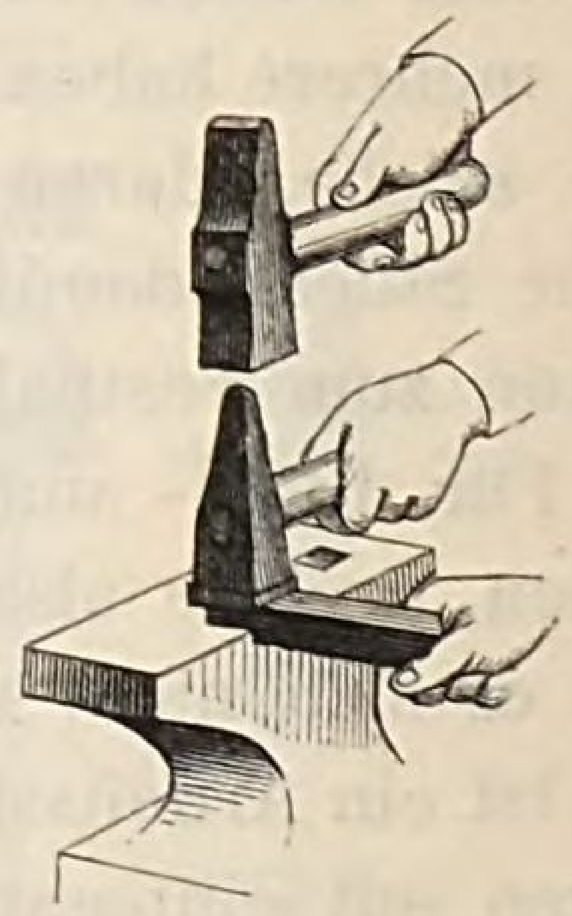

231

Fig. 229—232.

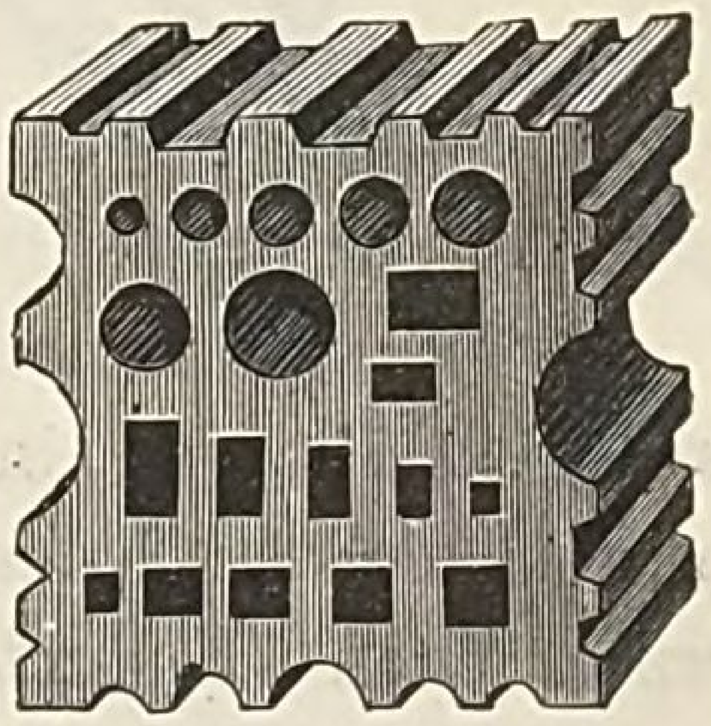
Die Hämmer haben einfache Form und sind einerseits mit einer quadratischen, sehr wenig convexen Fläche, der »Bahn«, versehen, andererseits mit einer abgerundeten Kante, der Finne. Die Finne wird gebraucht, wenn ein Arbeitstück stark gestreckt werden soll (Fig. 230). Die Kraft wird durch sie concentrirt und in Folge dessen die Wirkung erhöht, allerdings erhält die Fläche dabei viele Eindrücke und Furchen. Die Bahn dient dazu, die so erzeugten Eindrücke wieder wegzuschaffen, zu schlichten, außerdem auch um Formänderungen zu erzielen, welche nur geringe Streckung nöthig machen.

Die dem Strecken entgegengesetzte Wirkung, das Stauchen oder Zusammendrücken des Eisens in der Richtung seiner Länge, wird bei kleinen Stücken dadurch bewirkt, dass man dieselben senkrecht auf den Ambos stellt und nun von oben darauf schlägt. Längere Gegenstände

werden mit einem Ende gegen eine Seite des Ambosses gestoßen, oder man legt sie horizontal auf den Ambos und schlägt mit dem Hammer gegen das vorstehende Ende. Gewöhnlich verbiegt sich das Arbeitsstück beim Stauchen, man muss es also nachträglich wieder gerade richten. Bei zu starkem Stauchen entstehen, insbesondere bei schlechtem Eisen, leicht Risse, und bei Stahl muss Stauchen überhaupt möglichst vermieden werden.

Soll das Ende eines Stabes einen Zapfen erhalten, d. h. plötzlich, nicht allmählich seine Dicke ändern, so legt man denselben so auf den Rand der Ambosbahn, dass beim Ueberhämmern die Kante des letzteren den gewünschten Ansatz eindrückt.

Vollkommener gestaltet sich die Arbeit unter Anwendung des Setzhammers (Fig. 231). Derselbe wird oben so auf das aufgelegte Ende des Stabes aufgesetzt, dass eine Kante seiner Bahn gerade über derjenigen des Ambosses liegt. Schlägt man nun mit dem Handhammer darauf, so entsteht gleichzeitig oben und unten ein Ansatz. Ein schräger Setzhammer erzeugt einen spitzwinkeligen Ansatz; ein runder bringt eine rinnenförmige Vertiefung hervor. Durch Auflegen des Stabes auf ein entsprechend geformtes Stöckchen, welches in das viereckige Loch des Ambosses eingesetzt wird, kann man bewirken, dass auch gleichzeitig auf der Unterseite des Arbeitsstückes ein entsprechender Eindruck entsteht.


Fig. 233.

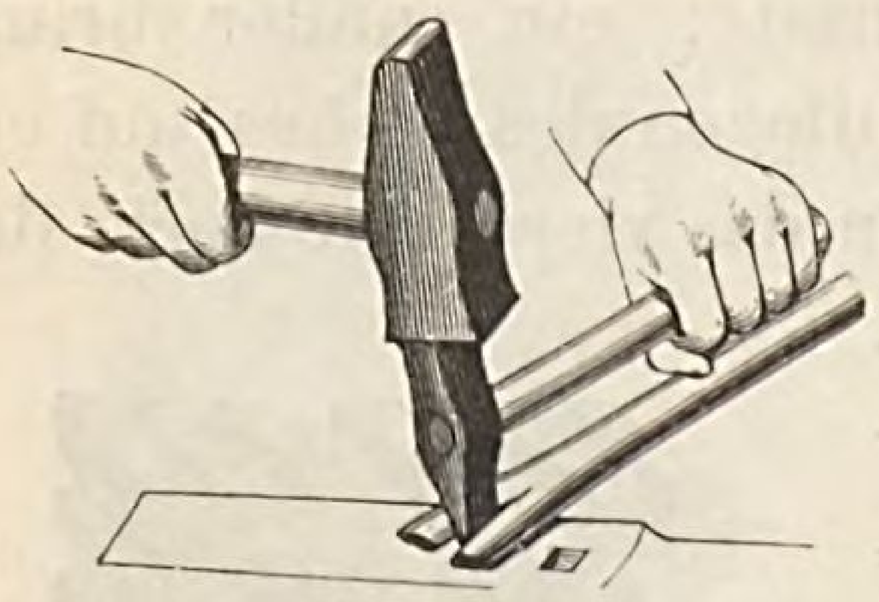
Cylindrische Zapfen, Ansätze und dergl. werden ganz ähnlich in sogenannten Gesenken bearbeitet. Es sind dies Stahlklötzchen, in welchen die herzustellende Form genau ausgearbeitet ist und welche, ebenso wie die Stöckchen, mittels eines genau eingepassten Zapfens in das Loch des Ambosses eingesetzt werden. Auch der Setzhammer, in diesem Falle Gesenkhammer genannt, ist mit einer entsprechenden, z. B. halbcylindrischen Höhlung versehen, so dass beim Antreiben desselben durch Schläge mittels des Handhammers der herzustellende Zapfen in diese Höhlungen hineingezwängt wird, und so genau richtigen Durchmesser und vollkommene Rundung erhält (Fig. 232).

Für größere Stücke hat man besondere Gesenkambosse (Fig. 233), quadratische gegossene starke Eisenklötze mit verschieden geformten Löchern auf der Fläche und Höhlungen am Umfange. Auch Gegenstände, die ohne Gesenk geschmiedet werden könnten, werden häufig, namentlich wenn es sich um Massenfabrikation handelt, mit Gesenken hergestellt, da die Arbeit damit sehr leicht und rasch von statten geht, während sie ohne Gesenk oft sehr schwierig und zeitraubend ist. Es verhält

sich damit aber ähnlich wie mit dem Stanzen von Blech, insofern die Herstellung der Gesenke (dort Ober- und Unterstempel) sich für Arbeiten im kleinen nicht lohnt.

Eine weitere wichtige Operation beim Schmieden ist das Aufhauen. Soll das Ende eines Stabes gabelförmig aufgespalten werden, so stellt man zunächst mittels des Aufhauers (Fig. 234) einen Schlitz her und hämmert dann die beiden Hälften auseinander. Der Aufhauer ist ebenso wie ein Schrotmeißel gestaltet und kann auch durch diesen ersetzt werden. Der Unterschied besteht einzig in der bogenförmigen, ein leichteres Eindringen gestattenden Gestalt der Schneide.

Ist ein Stab in der Mitte aufzuschlitzen, so dass daselbst eine runde oder anders geformte Oeffnung entsteht, so treibt man einen spitzigen, conischen Stahldorn hindurch, so weit, bis die Oeffnung genügend groß ist. Ist dies mit einem Dorn nicht zu erreichen, so treibt man nach diesem einen zweiten stärkeren ein. Vor dem Lochen mittels des Durchschlags hat dieses Aufhauen den Vorzug, dass dadurch die Stärke der Eisenstange nicht vermindert wird, insofern kein Material herausgeschnitten, sondern alles nur zur Seite gedrängt wird.


Fig. 234.

Biegungen, welche nicht sehr scharfkantig werden sollen, lassen sich leicht an der Kante des Ambosses durch abwechselndes Ueberhämmern beider Schenkel herstellen, genauere fertigt man in der Weise, dass man das Eisen glühend in den Schraubstock spannt und nun umhämmert. Um den gewöhnlichen Schraubstock nicht zu verderben, wendet man hierzu einen besonderen, übrigens gleich construirten sogenannten Feuerschraubstock an. Zweckmäßig befestigt man einen solchen, wie Fig. 229 zeigt, unmittelbar an dem Amboskłotz. Damit man beim Einspannen in den Schraubstock keine Zeit verliere durch Aufsuchen der Stelle, an welcher die Biegung ausgeführt werden soll, bringt man zuvor entweder an dem Eisen oder an dem Ambos einen Anschlag an, so dass ersteres nur gerade bis zu der bestimmten Grenze eingeschoben werden kann.

Soll ein geschmiedeter Gegenstand nachträglich durch Feilen, Drehen etc. weiter bearbeitet werden, so suche man ihm beim Schmieden schon möglichst genau die richtige Form zu geben, da das, was durch Schmieden in wenig Minuten erreicht wird, bei den anderen Methoden Stunden beansprucht. Vor dem Feilen müssen solche Gegenstände dann noch durch Aetzen in verdünnter Schwefelsäure von der anhaftenden Oxydschicht befreit werden, da diese den Schneiden der Feilen sehr nachtheilig ist. Stahl darf nie über Hellrothgluthhitze und

unter Braunrothhitze geschmiedet werden, Gussstahl darf höchstens dreimal während des Schmiedens erhitzt werden. Alle von Stahl geschmiedeten Gegenstände müssen zuletzt ausgeglüht und langsam abgekühlt werden.

Sollen eiserne Gegenstände einen gewissen Grad von Härte oder Steifigkeit erhalten, so hämmert man sie nach der Vollendung der Form mit leichten Schlägen noch so lange, bis sie nicht mehr glühen. Soll die Oberfläche sehr glatt werden, so schmiedet man mit nassem Hammer, d. h. man taucht denselben zeitweise in Wasser und benetzt auch den Ambos. Es wird dadurch die rauhe Schicht von Glühspahn entfernt, indem derselbe abspringt und das reine Eisen zum Vorschein kommt.

Um Schmiedeeisen oberflächlich mit einer harten Schicht zu überziehen, bestreut man es im glühenden Zustand mit gepulvertem gelben Blutlaugensalz und löscht dann in Wasser ab.

Von besonderer Wichtigkeit ist das Härten von Stahl. Stahl verliert bekanntlich durch Glühen seine Härte, kann durch langsames Abkühlen sogar recht weich erhalten werden, so dass er gut mit der Feile bearbeitet werden kann. Für gewisse Zwecke muss er dann nachträglich wieder gehärtet werden, indem man ihn glühend in kaltes Wasser taucht. Dünne flache Stücke müssen dabei mit einer Kante voraus langsam und gleichmäßig eingetaucht werden, andernfalls würden sie sich stark verziehen. Keilförmige Gegenstände werden, damit die dünne Seite keine Risse bekomme, zuerst mit dem dicken Theil eingetaucht. Wird ein Gegenstand nicht ganz eingetaucht, so entsteht in der Regel an der Grenze ein Sprung. Stahl, welcher mit Schmiedeeisen zusammengeschweißt ist, krümmt sich stark nach der Seite des letzteren, so dass man ihm zuvor eine Krümmung nach der entgegengesetzten geben muss, um dieselbe zu compensiren. (Aehnlich muss auch das Verziehen einseitig gehauener Feilen durch vorherige entgegengesetzte Biegung compensirt werden.)

Um beim Härten die Bildung von Glühspahn, da wo sie unzuträglich sein sollte, zu vermeiden, bestreicht man die Gegenstände mit einer Mischung von Roggenmehl und Kochsalz oder zähem Leim mit Blutlaugensalz.

Gegenstände, die sehr hart werden sollen, wie Feilen, bestreut man gut mit Klauen-(Horn-)mehl oder pulverisirtem Blutlaugensalz im glühenden Zustand, glüht noch etwas mehr und löscht dann in Wasser oder verdünnter Schwefelsäure ab. Letztere ätzt gleichzeitig den Glühspahn ab, so dass der Gegenstand gleichmäßig grau erscheint.

Schneiden, die beträchtlich beansprucht werden, werden zuerst, wie Feilen, glashart gemacht und nachträglich angelassen. Man schleift sie

glänzend und erhitzt von der dicken Seite her, bis die richtige Anlauffarbe erreicht ist, und löscht dann in Wasser ab.

Für Schneiden, die in Eisen und Stahl arbeiten sollen, genügt die gelbe Anlauffarbe. Für weichere Metalle lässt man die Temperatur bis zur rothen gehen und für Holzbearbeitungswerkzeuge, Federn und dergl. bis zur blauen.

Dünne Stahlwaaren werden mit einem Mal gehärtet und angelassen, indem man sie glühend in Siegellack, Wachs, Harz und dergl. steckt.

Durch Erhitzen bis zur Weißgluth oder durch zu langes Erhitzen verbrennt der Stahl, d. h. er bricht dann leicht und zeigt auf der Bruchfläche ein grobes glänzendes Korn. Auch finden sich darin harte Körner, welche Feilen, Bohrer und dergl. stark beschädigen. Durch wiederholtes Eintauchen in eine Mischung von 3 Theilen Colophonium und 2 Theilen Leinöl im glühenden Zustand soll er sich wieder regeneriren lassen, besser aber wirft man ihn zur Seite und fertigt den betreffenden Gegenstand neu an.

Außer Eisen und Stahl werden auch noch Kupfer, Silber, Gold und Platin geschmiedet, Kupfer darf nur wenig erhitzt werden, da es im glühenden Zustande sehr weich wird und bald schmilzt, Platin darf nicht in Kohlen, sondern nur im Gasgebläse erhitzt werden.

21. Glasblasen.

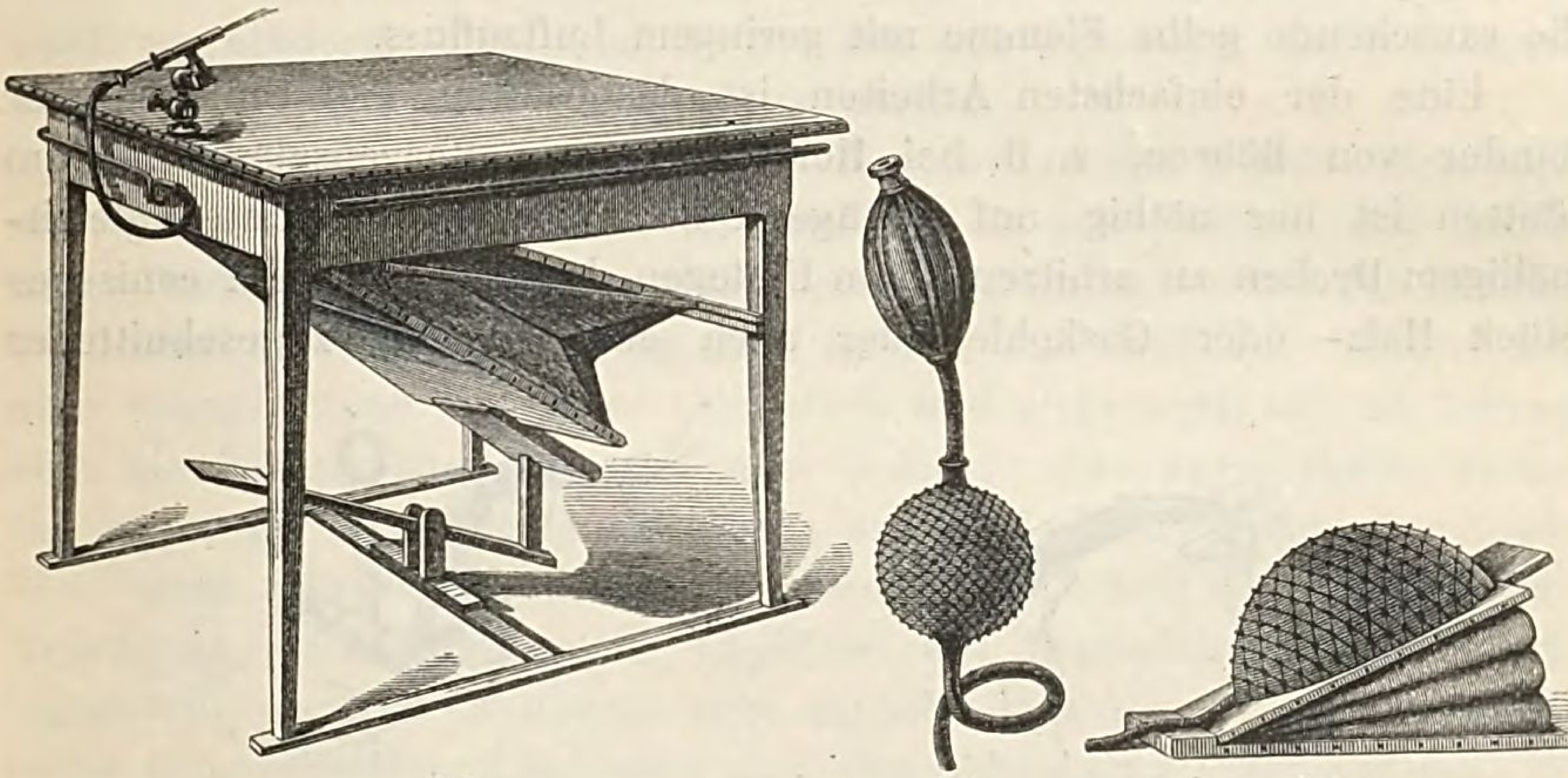
Das Glas hat die Eigenthümlichkeit, ganz allmählich aus dem festen in den flüssigen Zustand überzugehen, so dass es auf jeden beliebigen Grad von Weichheit und Dehnbarkeit gebracht werden kann. Es lässt sich somit im heißen Zustande ebenfalls durch Drücken bearbeiten und zwar so leicht, dass schon der beim Blasen erzeugte geringe Luftdruck genügend ist, die stärksten Deformationen zu erzeugen.

Zum Erhitzen der kleinen Glasgegenstände, die bei physikalischen Arbeiten in Betracht kommen, dienen ausschließlich die Gebläselampe und das ähnliche, aber wesentlich kleinere Gaslöthrohr. Den Haupttheil bildet ein weiteres, mit der Gasleitung in Verbindung stehendes Rohr, längs dessen Achse ein zweites engeres, in eine Spitze mündendes geführt ist, welches der Flamme die durch einen Blasebalg oder ein Wassertrommelgebläse zusammengepresste Luft zuführt. Das äußere Rohr lässt sich etwas verschieben, so dass man die Entfernung der Mündung von der des inneren so abpassen kann, wie es für das Entstehen einer guten Gebläseflamme nöthig ist. Durch Hähne lässt sich Gas- und Luftzufuhr nach Bedürfnis reguliren.

Dient zur Erzeugung des Luftstroms ein Blasebalg, so ist derselbe gewöhnlich an einem besonderen Tische, dem Glasblasetisch (Fig. 235),

fest angebracht; sehr zweckmäßig sind aber auch die kleinen transportabeln Blasbälge (Fig. 236 und 237), da man nicht selten genöthigt ist, die Gebläseflammen an einem von dem gewöhnlichen weit entfernten Standorte zu gebrauchen.

Das Gaslöthrohr unterscheidet sich von der Gebläselampe nur durch geringere Dimensionen. Zweckmäßig würde es so geformt sein, dass es sich leicht von seinem Fuße abnehmen und in der Hand halten lässt. An einer anderen Stelle*) habe ich die Construktion eines solchen Instruments angedeutet, im Handel sind meines Wissens nur solche zu haben, die nach Art eines gewöhnlichen Löthrohrs gefertigt sind.



235 236 237

Fig. 235—237.

Das zu bearbeitende Glas wird immer in Röhrenform angewandt, ähnlich wie Eisenstäbe das Rohmaterial beim Schmieden bilden. Sowohl sehr schwer schmelzbares, wie zu leicht schmelzbares ist zum Blasen ungeeignet, da es nicht leicht dauernd in den nöthigen plastischen Zustand versetzt werden kann. Das eigentliche Bearbeiten des Glases findet nämlich außerhalb der Flamme statt. Ebenso ist auch bleihaltiges Glas zur Bearbeitung nicht geeignet, da sich leicht Blei reducirt und die Oberfläche schwarz färbt.

Vor der Bearbeitung müssen die Röhren mittels eines am Ende mit Baumwolle oder Leinwandlappen umwickelten Holzstabes oder Kupferdrahtes innen von Staub und Feuchtigkeit, Fett und dergl. gereinigt werden, auch muss man darauf sehen, dass sich an der betreffenden Stelle keine Blasen, Sandkörnchen und dergl. Unreinigkeiten im Glase

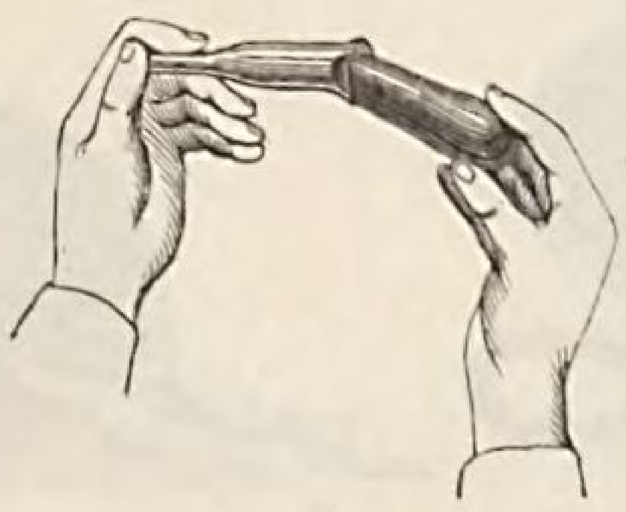
*) Zeitschrift f. Instrumentenkunde, II, pag. 88, 1882.

befinden. Durch zu starkes und lange anhaltendes Erhitzen wird das Glas ebenfalls unbrauchbar.

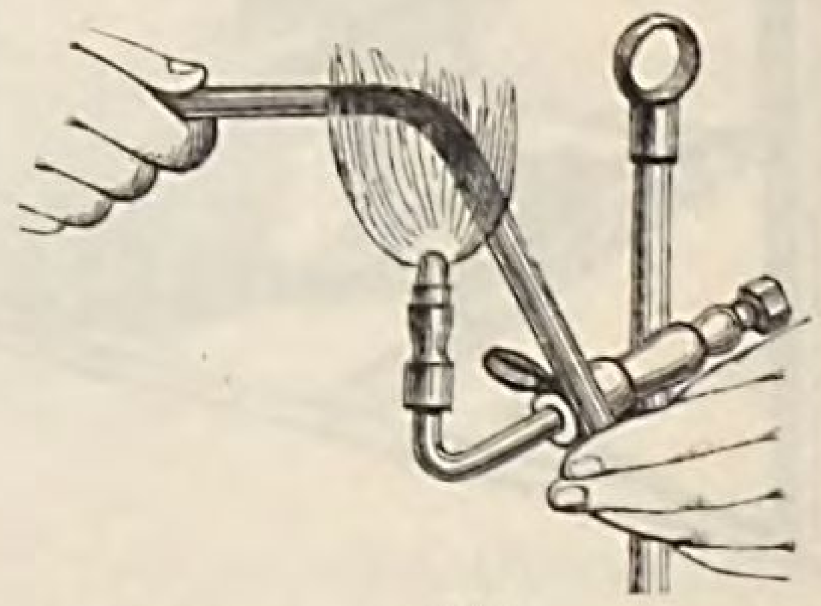
Man erhitzt zunächst ohne Luftzutritt in der kleinen leuchtenden Flamme und lässt die Blasevorrichtung erst dann wirken, wenn hinreichend vorgewärmt ist. Während des Erhitzens muss das Glasrohr immer in gleicher Richtung langsam und gleichmäßig gedreht werden. Ebenso müssen nach der Vollendung die Gegenstände zunächst in der leuchtenden Flamme gekühlt werden, bis sie dicht berusst sind.

Ist nur eine kleine Stelle stark zu erwärmen, so benutzt man die blaue Stichflamme, welche bei vorherrschendem Luftzufluss entsteht. Ist dagegen eine größere Masse minder stark zu erhitzen, so wählt man die rauschende gelbe Flamme mit geringem Luftzufluss.

Eine der einfachsten Arbeiten ist das Glätten und Umlegen der Ränder von Röhren, z. B. bei Herstellung von Reagensgläsern. Zum Glätten ist nur nöthig, auf genügend hohe Temperatur unter gleichmäßigem Drehen zu erhitzen. Zum Umlegen dagegen muss ein conisches Stück Holz- oder Gaskohle oder auch ein dreieckig zugeschnittenes



238



239

Fig. 238—239.

Blechstück zu Hülfe genommen werden (Fig. 238), welches man, sobald das Glas hinreichend erweicht ist, in der Oeffnung mit schwachem Drucke umdreht, so dass der Rand gleichmäßig ausgeschweift wird. Gaskohle hat vor Holzkohle den Vorzug, dass sie weniger leicht am Glase anhaftet und, in die Flamme gebracht, sich nicht entzündet. Soll der Rand ganz eben umgelegt werden, so drückt man denselben im weichen Zustande gegen eine eben geschliffene Kohlenplatte. Erhitzt man zu stark, so dass das Glas Neigung erhält Tropfen zu bilden, so sinkt der Rand ein und die Arbeit ist verdorben.

Das Biegen enger Glasröhren kann schon in der Flamme eines gewöhnlichen Schnittbrenners oder Bunsen'schen Brenners bewirkt werden, ja sogar besser als im Gebläse. Wird ein Schnittbrenner benutzt, so hält man das Rohr mit der zu biegenden Stelle horizontal in die Flamme, so dass es von dem leuchtenden Theil derselben umhüllt wird. Es berusst sich rasch, kommt dann zum Glühen, und die Biegung erfolgt schon durch das eigene Gewicht. Bei Anwendung des Bunsen'schen Brenners oder der

Gebläselampe erhitzt man unter Drehen immer nur ein kurzes Stückchen der Röhre und biegt außerhalb der Flamme, aber ohne Anwendung von Gewalt. Ist eine Stelle etwas gebogen, so erhitzt man eine nebenanliegende, biegt wieder u. s. f., bis die gewünschte Krümmung völlig erreicht ist. Weite Röhren werden zuweilen, um ein Zusammensinken zu vermeiden, mit Sand gefüllt, oder man bläst dieselben, wenn Zusammensinken eingetreten ist, nachdem man das eine Ende verschlossen hat, wieder auf die ursprüngliche Weite auf. Jedenfalls müssen weite und starkwandige Röhren sehr langsam und vorsichtig angewärmt und abgekühlt werden, da sie sonst leicht springen. Zweckmäßig verschließt man das eine Ende durch einen Kork, um das Hindurchströmen der Luft zu hindern. Da beim Biegen die convexe Seite mehr gestreckt wird, so erhitzt man dieselbe etwas stärker.

Das Ausziehen einer Röhre, um dieselbe an der betreffenden Stelle zu verengen oder eine Spitze herzustellen, ist sehr leicht. Man erhitzt unter Drehen ringsum gleichmäßig und zieht dann (außerhalb der Flamme) an beiden Enden, gleichzeitig noch fortwährend drehend. Erhitzt man eine schmale Zone der Röhre sehr stark und zieht rasch aus, so trennen sich die beiden Theile derart, dass jeder in eine kurze Spitze endigt, die in einen fadenförmigen Fortsatz ausläuft. Erhitzt man eine breite Zone nicht sehr stark und zieht langsam aus, so erhält man eine capillare Verengung. Soll eine solche Capillare mit beträchtlicher Wandstärke hergestellt werden, so staucht man zunächst das Glas, d. h. man schiebt unter fortwährendem Umdrehen und gleichzeitigem starken Erhitzen die Enden immer mehr und mehr zusammen, so dass eine Anhäufung und Verdickung der Glasmasse eintritt, und gleichzeitig der innere Durchmesser sich vermindert. Das Stauchen darf nicht zu rasch und mit Gewalt geschehen, da sich sonst an Stelle einer gleichmäßigen Verdickung eine Reihe von Wülsten ausbildet.

Um ein einseitig geschlossenes Rohr herzustellen, zieht man eine Röhre, wie eben beschrieben, kurz aus, schmilzt den gebildeten Faden ab, erhitzt die Spitze ebenfalls stark und nimmt das gebildete Knöpfchen mittels eines Glasstabes oder eines Stückchens Glasrohr weg. Der hierdurch neu gebildete Faden wird wieder abgeschmolzen u. s. f., bis die Anhäufung von Glasmasse an der Spitze verschwunden ist. Erhitzt man nun und bläst (außerhalb der Flamme) schwach auf, indem man das verschlossene Ende nach oben hält, so entsteht eine schön halbkugelförmige Wölbung. Sollte sie nicht gut gerathen sein, so lässt man sie durch Erhitzen wieder einsinken und bläst dann nochmals auf. Ist die Röhre nicht lang genug, um das abzuziehende Stück mit den Händen fassen zu können, so erhitzt man das zu verschließende Ende, drückt

es mittels eines Glasstäbchens zusammen, schmilzt das Glasstäbchen an und zieht nun aus.

Soll der herzustellende Boden flach sein, so erhitzt man den zunächst halbkugelförmig geblasenen Boden bis zum beginnenden Erweichen recht gleichmäßig, und drückt ihn dann auf eine eben geschnittene Holzkohle, bringt ihn aber alsbald wieder in die Flamme und lässt unter Berussen langsam erkalten. Solche flache Böden springen beim Erwärmen, falls sie nicht gut gekühlt sind, leicht aus, und werden daher nur da angebracht, wo dies unbedingt nöthig ist.

Soll der Boden wie bei einer Weinflasche eingestülpt sein, so kann man ihn entweder mittels eines geeignet zugefeilten Stückchens Gaskohle eindrücken, oder durch Saugen einziehen. In gleicher Weise können seitliche Einstülpungen in einer Röhre hervorgebracht werden, nachdem man die betreffende Stelle, nach vorgängigem Anwärmen, mit der Stichflamme stark erhitzt hat. Ebenso wie flache Böden springen derartige Einstülpungen leicht aus, falls sie nicht gut gekühlt sind und vor dem Kühlen die Glasmasse auf eine größere Entfernung zum Erweichen erhitzt wurde.

Ist eine Kugel mit dünner Wandung herzustellen, so verschließt man das Rohr am Ende, erhitzt daselbst gleichmäßig auf eine größere Strecke (Fig. 240), hält dieses Ende in die Höhe und bläst nun langsam unter fortwährendem Drehen, bis die gewünschte Weite erreicht ist. Sollte die Kugel schief geworden sein, so lässt man sie durch Erhitzen wieder zusammensinken und bläst dann von neuem auf. Anfänglich darf man nur gelinde blasen, später wohl etwas stärker.

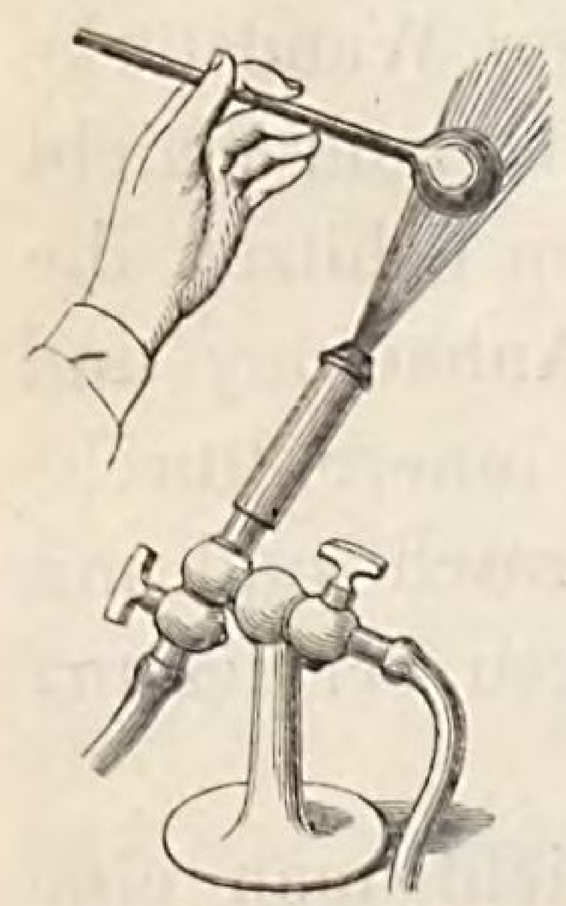


Fig. 240.

Ist die Kugel nicht groß genug oder die Wandstärke zu gering, so bildet man neben der ersten eine zweite, erhitzt dann beide in genügend breiter Flamme bis zum Zusammensinken und bläst abermals auf. Es vereinigen sich dann die beiden Kugeln zu einer einzigen. Um eine größere starke Kugel an einem dünnen Rohr zu erzeugen, nimmt man eine Röhre, welche schon nahezu den Durchmesser der Kugel besitzt, an einem Ende so aus, dass die gewünschte engere Röhre entsteht, zieht dann ein Stückchen, welches gerade ausreicht, um die Kugel zu bilden, von der Röhre ab, so dass dieses also beiderseits in enge Röhren ausläuft. Nun erhitzt man und bläst unter Drehen auf, so dass zunächst eine Kugel mit zwei Ansatzröhren entsteht, zieht dann die eine derselben ab, erhitzt nochmals und gibt nun der Kugel ihre endgültige Form.

Sind Kugeln in größerer Menge herzustellen, so kann man mit Vortheil dazu eine G l a s b l a s e m a s c h i n e anwenden. Dieselbe gleicht

einer Drehbank, besitzt indess zwei Spindelstöcke, deren Spindeln ihre Bewegung durch Zahnräder von derselben Welle empfangen, so dass sie sich mit genau gleicher Geschwindigkeit drehen. Die eine derselben ist hohl und ermöglicht so in die zwischen beide eingespannte Glasröhre Luft einzublasen. Das Gebläse wird auf dem Support befestigt.

Soll eine Kugel oder eine Röhre eine seitliche Oeffnung erhalten, so erhitzt man die betreffende Stelle mit einer kleinen Stichflamme und bläst dann so stark auf, dass sie platzt. Die entstandenen Glashäutchen werden mittels eines Stäbchens aus Gaskohle abgerieben, der Rand glatt geschmolzen und, wenn nöthig, mittels des Kohlestäbchens erweitert oder ausgeschweift. Erhält eine Kugel gegenüber der Rohrmündung eine sehr große Oeffnung, so kann man dieselbe mittels des Stäbchens unter fortwährendem Drehen so erweitern, dass ein Trichter oder eine Scheibe entsteht.

Durch Combination von Blasen, Einziehen, Drücken und endlich Verlöthen können leicht die complicirtesten hohlen Gebilde aus Glas hergestellt werden. Dabei lässt man das Arbeitsstück bis zur Vollendung an der als Griff und Mundstück zum Blasen dienenden Röhre sitzen und entfernt dieselbe erst, wenn alle Einzelheiten ausgearbeitet sind.

22. Drücken und Pressen von Kautschuk, Horn, Leder, Holz etc.

Kautschuk lässt sich im unvulkanisirten Zustande leicht kneten und in beliebige Form drücken, im vulkanisirten Zustande dagegen, d. h. mit Schwefel verbunden, nicht mehr. Zur Herstellung von Kautschukgegenständen benutzt man daher ein inniges mechanisches Gemenge von Kautschuk von 10—25 % Schwefelblumen (in Form dünner Platten fertig im Handel zu beziehen), drückt dasselbe in die gewünschte Form, z. B. eine durch Stahlpunzen in Blei oder Papierteig eingedrückte Matrize, presst es schließlich mittels Schraubzwingen fest an und vulkanisirt nun, d. h. erhitzt genügend lange auf eine Temperatur von etwa 130—140°. Die Kautschukmasse ist alsdann elastisch geworden und wird beim Kneten nicht mehr dauernd deformirt. Auch 6—7 % Schwefel sind bereits hinreichend. Um das Effloresciren von Schwefel im Laufe der Zeit zu hindern, gebraucht man auch statt des Schwefels Schwefelantimon, Schwefelcalcium und dergl.

In dem als Beispiel gewählten Falle hätte man also nunmehr einen Kautschukstempel erhalten, der nur noch an einen passenden Griff angekittet werden muss. Das Vulkanisiren verlangt viel Vorsicht und Uebung, da außerordentlich viel auf richtige Temperatur und Dauer der Vulkanisirung ankommt, die für die einzelnen Kautschuksorten nicht ganz die gleichen sind. Wird nicht hinreichend stark und lange erhitzt,

so bleiben die Gegenstände bis zu gewissem Grade unelastisch, bei zu starkem Erhitzen schmelzen sie und verwandeln sich in eine schmierige Masse, bei zu lange dauernder Erhitzung verliert sich die Geschmeidigkeit, sie werden hart und brüchig. Außerdem ist zu beachten, dass die Vulkanisirung im Laufe der Zeit von selbst noch etwas fortschreitet, also auch anfänglich noch weiche Gegenstände allmählich hart werden können. Wasserhaltiger Kautschuk wird beim Vulkanisiren blasig.

Um die Temperatur genügend lange auf der richtigen Höhe zu halten, wird ein Dampfkessel verwendet, in welchem der Dampfdruck, folglich auch die Temperatur stets gleich bleibt. Im Innern dieses Kessels befindet sich ein zweiter Kessel, in welchen die zu vulkanisirenden Gegenstände auf passender Unterlage, zuweilen ganz in ein Kästchen mit Talkpulver eingesetzt, eingebracht werden.

Hohle Gegenstände werden erst aus dem Rohen geknetet, in den Hohlraum etwas Wasser oder kohlensaures Ammoniak eingebracht und derselbe gut verschlossen und nun das Ganze in eine zweitheilige Form eingeschraubt und vulkanisirt. Beim Erhitzen treibt der im Hohlraum entstehende Dampf die Kautschukmasse auseinander und bewirkt, dass sie sich allenthalben dicht an die Form anlegt.

Sogenannte Patentgummiwaaren werden nicht durch beigemengten Schwefel, sondern durch Eintauchen in eine Lösung von $2\frac{1}{2}$ Theilen Chlorschwefel in 100 Theilen wasserfreien Schwefelkohlenstoff vulkanisirt. Diese Vulkanisirungsmethode eignet sich nur für dünne Gegenstände. Sie werden $1\frac{1}{2}$—3 Minuten eingetaucht, bei 25° getrocknet, nochmals 1—$1\frac{1}{2}$ Minuten eingetaucht, dann in schwacher Sodalösung und schließlich in reinem Wasser gewaschen und getrocknet.

Durch größeren Schwefelzusatz (20—35 %) und Brennen bei höherer Temperatur (148°) verwandelt sich Kautschuk in Hartgummi. Derselbe vermag außerordentlich große Mengen fremder Stoffe, z. B. Magnesia, Zinkweiß und dergl. in sich festzuhalten und bildet so eine elfenbeinartige weiße Masse. Werden die Gegenstände in polirten Glasformen vulkanisirt, so erhalten sie eine hochfeine Politur. Matt geschliffenes Glas liefert ebenso ein feines Matt.

Aehnlich wie Kautschuk kann auch Guttapercha behandelt werden. Beim Erwärmen bis 48° beginnt sie zu erweichen und kann dann in beliebige Form gedrückt werden, die sie beim Erkalten beibehält. An Luft und Licht wird sie rasch brüchig und findet deshalb hauptsächlich nur zur Umhüllung von Kabeldrähten Verwendung. Durch Zusatz von 6—10 % Schwefel und Erhitzen auf 135—150° wird sie ebenfalls vulkanisirt, d. h. sie erweicht dann beim Erwärmen nicht mehr und wird in der Kälte nicht hart.

Durch Zusatz von 20—30 % Schwefel und mehrstündiges starkes

Erhitzen bildet sich Ebonit, der ähnlich wie Hartgummi namentlich als Isolationsmittel für elektrische Apparate vielfach verwendet wird.

Auch Horn erweicht in heißem (siedendem) Wasser, besser in gespanntem Wasserdampf, lässt sich dann in diesem Zustande beliebig biegen und pressen und behält seine Form beim Erkalten bei. Hierauf beruht z. B. die Anfertigung von Hornplatten aus dem hohlen Theil der Hörner. Man weicht dieselben erst einige Tage in kaltem Wasser, spaltet abgesägte Stücke mit Hammer und Meißel, legt sie wieder in Wasser, lässt wiederholt sieden, schabt schließlich mit einem Messer glatt und bringt die so vorgerichteten Blätter zwischen zwei Eisenplatten in eine Presse.

In Leder lassen sich ebenfalls mittels erhitzter Stempel Zeichnungen, Inschriften und dergl. einpressen. Sehr häufig wird von diesem Verhalten Gebrauch gemacht, um glänzende vertiefte Linien auf einer Lederfläche zu erzeugen, oder abgeschrägte Schnittflächen zu poliren. Man bedient sich einfach eines über einer Gas- oder Spiritusflamme erhitzten Polirstahls, Streicheisen, welchen man noch mit etwas weißem Wachs bestreicht, um die Reibung zu vermindern und dem Leder eine dunklere Farbe zu geben. Das Wachs kann auch vorher auf das Leder gestrichen werden. Um erhabene, abgerundete Linien zu streichen, bedient man sich eines Hohlstreicheisens. Man legt dabei ein Streifchen Pappe oder Schnur unter und drückt das Leder zunächst mittels eines Falzbeines gut an. Beim Pressen mit Stempeln von stark vertiefter Gravirung legt man ebenso eine aus Pappe bestehende Unterlage mit entsprechenden Erhöhungen und Vertiefungen unter.

Um Leder stark zu deformiren, wird es in Wasser eingeweicht, über ein Modell gespannt und darauf bis zum Trocknen belassen.

Auch Papier, Tuch und dergl. lassen sich in gewissem Grade, im feuchten Zustande namentlich, mit erwärmten Eisen (Bügeleisen) drücken oder glätten, Sammet wird nicht gebügelt, sondern mit der nicht behaarten Seite über die gewölbte Fläche eines Bügeleisens gestrichen.

Selbst Holz kann durch Kochen in Wasser oder durch Behandeln mit gespanntem Wasserdampf in einigermaßen plastischen Zustand versetzt werden, so dass es durch Einpressen in geschweifte eiserne Formen die gewünschte Krümmung annimmt und dieselbe beim langsamen Trocknen (in der Form) behält. Durch das gleichzeitig stattfindende Auslaugen gewinnt es zugleich an Güte und hat außerdem vor anders bearbeitetem den großen Vorzug, dass die Fasern der Biegung parallel laufen und nicht zerschnitten sind.

23. Gyps-, Leim- und Papierteigformen.

Gyps verliert bekanntlich durch Brennen, d. h. mäßiges Erhitzen sein Krystallwasser und nimmt dasselbe umgekehrt nach dem Brennen beim Vermischen mit Wasser wieder auf. Die neu entstehenden Kryställchen verfilzen sich ineinander und kleben zusammen, so dass der anfängliche Brei sich unter Erwärmen und Volumzunahme in eine feste Masse von ziemlich beträchtlicher Widerstandsfähigkeit verwandelt.

Wird der Gyps zu stark gebrannt, so eignet er sich nicht mehr zum Formen, ebenso wenn er durch Wasseranziehen aus der Luft körnig geworden ist, also sich nicht mehr wie feines Mehl anfühlt. Auch der von den Maurern zum Gypsen verwandte grobe, sogenannte Spargyps ist nicht brauchbar, sondern nur der feine, wie ihn Bildhauer und Stukkateure verwenden, von welchen man ihn auch beziehen kann.

Das Aufbewahren geschieht am besten in einem Steinguttopf, welcher mit Kautschukmembran und Kantschukband verschlossen wird. Zum Herausnehmen dient ein Löffel und zum Anrühren mit Wasser ein glasirter Topf, den man sofort nach dem Gebrauch in einem bereitstehenden Trog mit Wasser abwäscht, da sich der hart gewordene Gyps nur schwer wieder entfernen lässt. Den Arbeitstisch bedeckt man mit einem Brett oder Wachstuch, welches ausschließlich zu Gypsarbeiten verwendet wird.

In manchen Fällen kann man den Gypsbrei, sobald er anfängt plastisch zu werden, einfach durch Kneten in die gewünschte Form bringen, wobei man sich sehr beeilen muss, da das Erstarren nur wenige Minuten dauert. Meist ist es aber nöthig, eine Form anzuwenden, in die der Brei eingegossen wird, so lange er noch hinreichend flüssig ist.

Diese Formen können aus den verschiedensten Materialien, Metall, Holz, Thon, Papier etc. bestehen, sie müssen nur eine glatte Oberfläche besitzen, wenn nöthig, durch Ueberstreichen von Firnis gegen das Eindringen von Feuchtigkeit geschützt sein und beim Gebrauch durch schwaches Einfetten mit Oel oder Seife vor dem Anhängen an den Gyps bewahrt werden. Wird der Gyps in das Wasser eingetragen, so rührt man rasch um und gießt ihn dann vorsichtig in die Form ein, um möglichst Bildung von Blasen, welche später als Löcher erscheinen würden, zu verhüten. Bei feinen Modellen trägt man die erste Schicht mittels eines Pinsels auf und gießt erst, wenn dieselbe zu erstarren beginnt, eine größere Menge nach.

Wurde beim Anreiben zuviel Wasser genommen, so findet das Erhärten langsam statt, der Gegenstand wird porös und gibt die Form nur unscharf wieder; hat man zu wenig genommen, und sucht nachträglich durch Verdünnen mit Wasser den Brei flüssiger zu machen, so werden die Gegenstände bröckelig und haben keine Festigkeit.

Das Loslösen aus der Form darf erst geschehen, wenn die Masse sich erwärmt hatte und wieder vollständig erkaltet ist. Wenn nöthig, kann man durch ein eingeschobenes Keilchen das Ablösen von der Form einleiten, doch findet es meist sehr leicht statt.

Ist das Modell kein hohler, sondern unconvexer Körper, so versieht man es mit einem Rande von Papier oder Thon, bei größeren Modellen grenzt man ein Stück der Oberfläche durch Einfassen mit Thon ab und trägt auf dieses den Gyps mittels eines Spatels auf. Das so erhaltene Stück wird dann an den Rändern scharf beschnitten, eingefettet, wieder aufgesetzt und nun an eine Seite, wieder unter Zuhilfenahme von Thonrändern, ein zweites Stück angegossen u. s. f. (Fig. 241). Die Seitenflächen der Theile müssen so gerichtet sein, dass das Ganze einem Gewölbe gleicht, also kein Theil hinein fallen kann, wenn das Modell entfernt wird.

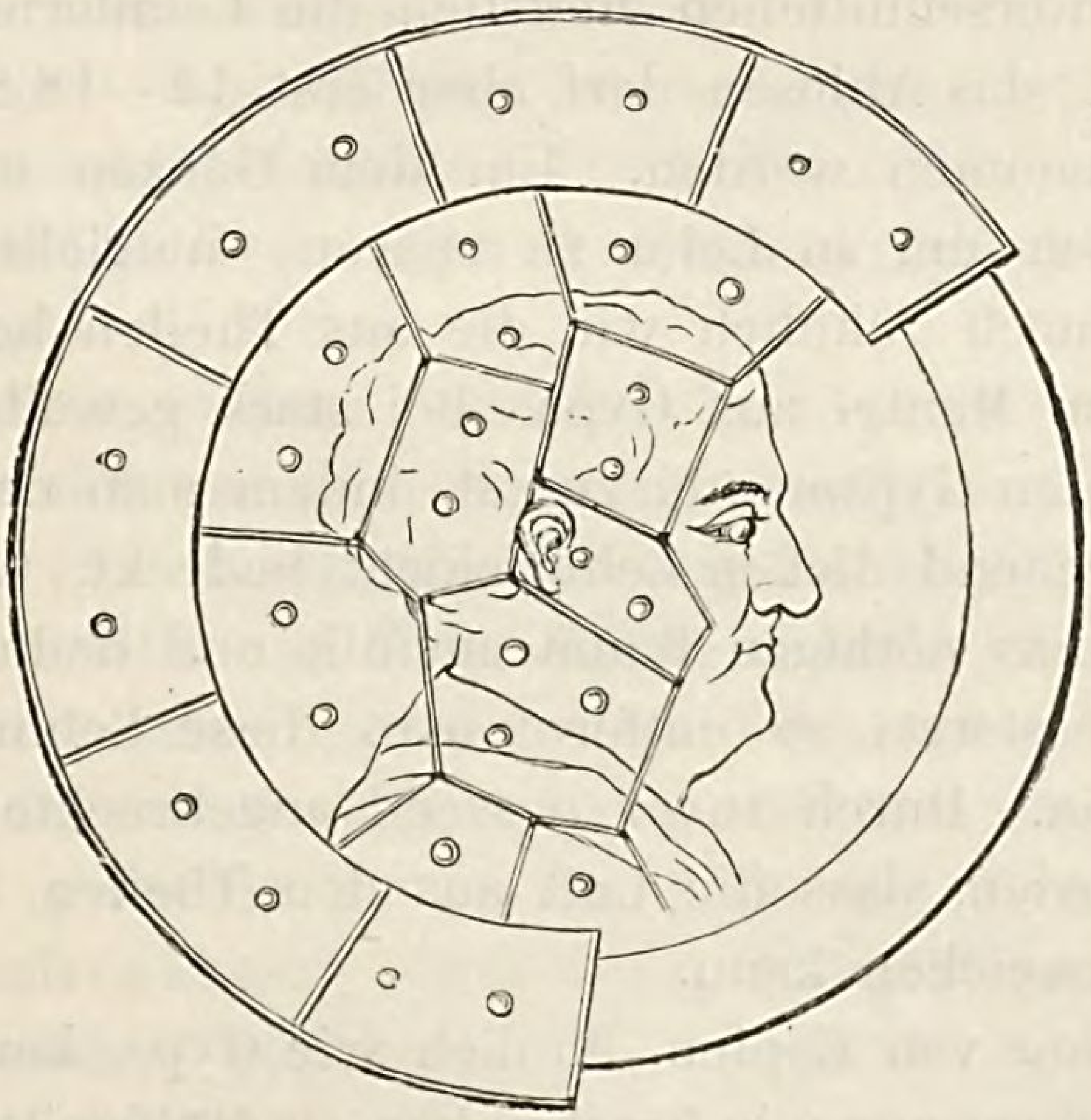


Fig. 241.

Sind sämmtliche Theile derart hergestellt, so gräbt man auf ihre Oberfläche kleine Vertiefungen ein, setzt sie wieder auf das Modell auf, so dass sie sich nun dicht zusammenschließen, fettet ein und gießt über das Ganze einen Mantel. An demselben finden sich dann den Vertiefungen entsprechende Erhöhungen, so dass man nach dem Abnehmen vom Modell die einzelnen Theile leicht so in den Mantel einsetzen kann, dass sie sich zu einer dem Modell genau entsprechenden Hohlform richtig zusammensetzen. Wenn nöthig, d. h. wenn der Gegenstand ringsum abzuformen ist, muss natürlich der Mantel aus zwei Hälften bestehen.

Wollte man nun die so erhaltene Hohlform dazu benutzen, eine genaue Nachbildung des Modells herzustellen, so würde man in der erst angegebenen Weise verfahren, d. h. die Hohlform einfetten und nun

flüssigen Gypsbrei eingießen. Nach dem Erstarren kann man dann erst den Mantel und dann die Theilstücke der Form abnehmen, so dass der neugefertigte Gypskörper, welcher die getreue Copie des Originals darstellt, bloßgelegt wird. Etwa noch vorstehende Nähte, den Grenzen der Theilformen entsprechend, und andere Unvollkommenheiten werden durch Abschaben beseitigt.

Solche Theilformen müssen insbesondere dann verwendet werden, wenn der herzustellende Gegenstand in einzelnen Theilen unterschnitten ist.

Aehnlich wie Gypsformen, d. h. durch Eingießen in eine Hohlform, werden auch Leimformen hergestellt, welche dann umgekehrt auch wieder dazu dienen, Gypsformen herzustellen. Die Modelle müssen zur Herstellung solcher völlig undurchlässig für Wasser und gut eingefettet sein, daher muss auch der zur Abgrenzung dienende Thon gefirnist werden. In Folge der Elasticität des Leims sind Theilformen meist unnöthig, da sich selbst bei unterschnittenen Modellen die Leimform ohne Schwierigkeit ablösen lässt, das Ablösen darf aber erst 12—18 Stunden nach dem Aufgießen vorgenommen werden. Um dem Ganzen mehr Festigkeit zu verleihen und auch um an Leim zu sparen, umgießt man gewöhnlich die Leimschicht noch, ähnlich wie die aus Theilen hergestellten Gypsformen, mit einem Mantel aus Gyps. Bei stark gewölbten Gegenständen gießt man sogar den Gypsmantel zuerst, indem man das Modell zunächst mit einer entsprechend dicken Lehmschicht bedeckt, welche den für das Eingießen des Leims nöthigen Raum ausfüllt und dadurch ausspart. Ist der Gypsmantel erstarrt, so entfernt man diese Lehmschicht und gießt nun den Leim ein. Durch zuvor passend angebrachte Bohrungen muss dafür gesorgt werden, dass die Luft aus den Theilen, wo sie sich sammeln könnte, entweichen kann.

Zur Herstellung von Copien, ähnlich wie Gyps, kann Leim natürlich nicht dienen, sondern nur wie beschrieben als Hülfsmittel zur Herstellung von Gypsgegenständen. Wohl aber kann man durch Beimischen von Papierfasern und mineralischen Bestandtheilen zu Leim eine Masse herstellen, sogenannten Papierteig, welche zur Herstellung von unregelmäßig geformten Gegenständen, von welchen keine besondere Härte und Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperatur, Flüssigkeiten u. s. f. gefordert wird, ausgezeichnete Dienste leistet.

Zur Herstellung von solchem Papierteig wird altes Schreibpapier zerkleinert, in Wasser aufgeweicht, im Mörser zu Brei zerstoßen, alsdann in Leinwand gesammelt, ausgepresst und getrocknet. Die so erhaltenen Klumpen werden dann mittels eines Reibeisens zerrieben, mit Kleister und Leimwasser vermischt, mit gepulverter Kreide oder feingesiebter Holzasche versetzt und gut durchgeknetet.

Zur Formirung dienen gefettete Formen aus Holz oder Gyps, in die

man den Teig einpresst. Man lässt die Gegenstände zunächst an der Luft trocknen, tränkt sie dann mit Leinölfirnis und erhitzt nun in einem Thermostaten, bis sie braun und hart werden. Die völlige Ausarbeitung geschieht mit der Feile und auf der Drehbank.

Auch dadurch, dass man geölte Modelle in immer wachsender Schicht mit Papier beklebt, lassen sich ähnliche Gegenstände herstellen. Wäre z. B. eine Kugel zu verfertigen, so würde man ein hölzernes Modell zunächst mit Fett oder Seife bestreichen, dann mit Papierstreifen, überziehen, welche beiderseits zugespitzt sind und der Länge nach einem halben größten Kreise gleichkommen, und immer mehr Streifen, eventuell auch eingeweichte Pappe aufkleben, bis die gewünschte Stärke der Schicht erreicht ist. Nach dem Trocknen glättet man dann die Oberfläche durch Abfeilen und Abschleifen, schneidet längs eines größten Kreises durch, nimmt das Modell heraus und klebt nun die beiden Hälften mit zähem Leim wieder zusammen.

Soll der Körper wasserdicht sein, so muss der Leim durch geschmolzenes Harz ersetzt werden. Vortheilhaft ist es auch, die einzelnen Schichten sofort nach dem Auftragen kräftig anzupressen.



Fig. 242.

Auch Mörtel und Cement schließen sich hier an, doch dienen sie meist nur zum Verkitten von Löchern und Fugen, nicht zur Herstellung besonderer Gegenstände. Ersterer besteht aus 1 Vol. Kalkbrei und 3 Vol. Sand, und erhärtet durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft. Reiner Kalk würde Risse erhalten und nicht hinreichend porös sein, um der Luft den Zutritt zu gestatten. Kalk mit Thongehalt (Cement) wird durch Brennen hydraulisch, d. h. er erhärtet unter Wasser. Während der Erhärtung soll er von Wasser bedeckt sein. Das Auftragen und Verstreichen von Mörtel und Cement geschieht in einfacher Weise mittels der Kelle (Fig. 242), die man, falls eine glatte Fläche hergestellt werden soll, zeitweise benetzt.

24. Formen von Wachs, Thon und Sand.

Um eine zum Modelliren geeignete Wachsmasse herzustellen, mischt man 4 Theile weißes Wachs mit 3 Theilen Terpentin und etwas Baumöl oder Fett, eventuell auch mit fein pulverisirten Farben. Die Bearbeitung, das Poussiren (Bossiren), geschieht häufig einfach mit der Hand unter Anwendung passend geschnitzter Holzstäbchen, der Poussirgriffel; bei größeren Massen ist es indess zweckmäßig, das Wachs zunächst in eine gut mit Oel bestrichene Gypsform zu gießen, eventuell in mehreren Stücken, die dann an den Rändern mittels eines heißen Eisens mit ein-

ander verschmolzen werden. Soll starres Wachs mit der Hand geknetet werden, so legt man es in mäßig heißes Wasser, bis es völlig durchwärmt ist. Das Erhitzen darf nicht bis zum Schmelzen getrieben werden, denn dann wird die Masse schmierig, klebt an den Fingern und besitzt nicht mehr genügende Plasticität, sondern zerbröckelt. Ebenso wie Papier- und Mehlteig kann man es auf einer benetzten ebenen Platte mittels einer benetzten Walze (Walkerholz) zu Kuchen auswalzen oder durch Rollen zwischen zwei nassen Platten in Form cylindrischer Stäbchen bringen. Andere Formen können dadurch erhalten werden, dass man die Gestalt zunächst durch Kneten im Rohen ausarbeitet und dann durch Anpressen ebener Platten glättet.

Aehnlich wie aus Wachs lassen sich auch aus Thon oder Lehm unter Benetzen mit Holzstäbchen beliebig gestaltete Körper modelliren, ja durch langsames Trocknen und nachfolgendes Brennen kann denselben ein hoher Grad von Härte gegeben werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist das Lehmformen zur Herstellung von Hohlformen für Metallguss. Der anzuwendende Lehm darf nicht zu sandig sein, beim Brennen nur wenig schwinden und keine Risse bekommen. Durch Sieben wird er zunächst von Steinen, Wurzeln und dergl. befreit und mit Wasser zu einem Teige von der Consistenz von Brotteig kräftig durchgeknetet. Außerdem erhält er speziell für Metallgussformen einen Zusatz von organischen Stoffen (die Gießer nehmen Pferdemist oder Kuhhaare), welche beim Brennen sich theilweise verflüchtigen und dadurch die für den Guss nöthige Porosität erzeugen.

Soll die herzustellende Form das Modell ringsum umschließen, so dass eine demselben völlig entsprechende Hohlform entsteht, so muss sie, ebenso wie es oben für Gypsformen besprochen wurde, aus zwei oder mehr Theilen gefertigt werden, wobei allerdings die Herstellung etwas einfacher ist. Wäre z. B. eine zweitheilige Form herzustellen, so würde man zunächst die erste Hälfte formen, einige Vertiefungen einschneiden, um das Zusammenpassen der beiden Theile zu erleichtern, etwas trocknen lassen und nun den zweiten Theil darüber formen, nachdem man etwas Kohlenpulver aufgestreut hat, um das Ablösen zu erleichtern. Holzmodelle müssen gefirnist sein und außerdem noch mit Oel oder Fett bestrichen werden, um das Ankleben des Thons zu verhindern.

Ist die Form hinreichend hart geworden, so trennt man die beiden Hälften, nimmt das Modell heraus und lässt nun längere Zeit zunächst an der Luft, dann im Ofen trocknen. Vor dem Gebrauch wird wenigstens die innere Höhlung ausgeglüht.

Sind feinere Einzelheiten des Modells wiederzugeben, so trägt man den Lehm in einzelnen Schichten auf, erst feinen, dann solchen, der mit

Stroh oder Hanf vermengt ist, um einen besseren Zusammenhang zu erzielen; bei großen Stücken werden sogar Eisendrähte oder -Bänder eingelegt. Damit die einzelnen Schichten sich nicht von einander lösen, müssen sie an der Berührungsfläche uneben, mit Vertiefungen und Vorsprüngen versehen sein.

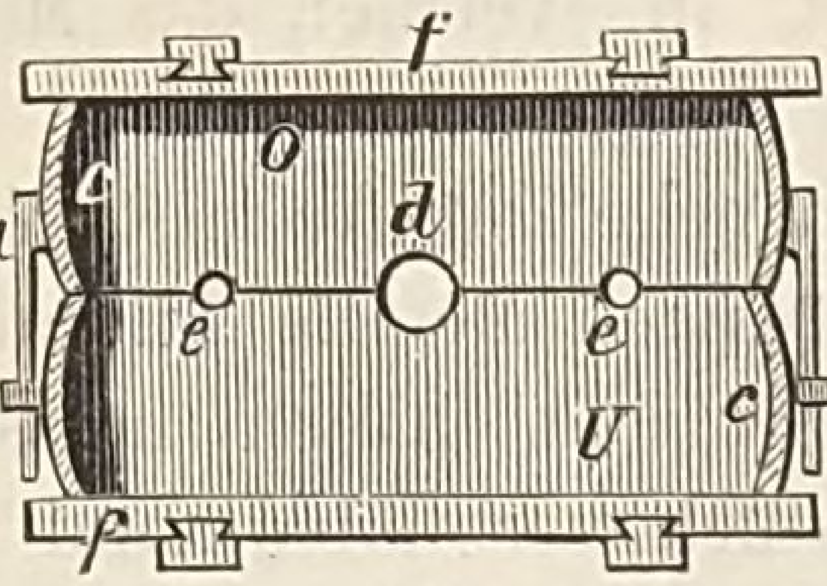
Sind Modelle abzuformen, in welchen sich eine Höhlung befindet, so muss die Lehmform einen der letzteren entsprechenden Kern erhalten, welcher für sich hergestellt und dann, wenn nöthig, unter Beihülfe von Eisenstäben in die Hohlform eingesetzt wird. Häufig verfertigt man erst den Kern, bekleidet denselben mit einer Schicht Wachs, deren Dicke gleich dem herzustellenden Gussstück ist, welche also das Modell vertritt, und formt nun über diese Wachsschicht die Hohlform, den Mantel, in welchem man eine Oeffnung zum Eingießen des Metalls und Canäle zum Entweichen der Luft (Windpfeifen) durch eingesetzte Röhren ausspart. Schließlich wird das Ganze getrocknet und gebrannt, wobei das Wachs schmilzt und ausfließt, so dass sich nun ein genau entsprechender Hohlraum zwischen Kern und Mantel bildet, in welchen das Metall eingegossen werden kann.

Solche Lehmformen sind nun für manche Zwecke nicht hinreichend porös. Beim Eingießen der glühend flüssigen Metalle bilden sich Gase und Dämpfe, die Gelegenheit zum Entweichen haben müssen, da sie sonst in Form von Blasen in dem Gussstück verbleiben und beim Bearbeiten als Löcher und Höhlungen erscheinen würden. Die Schwierigkeit wird umgangen durch Anwendung des sogenannten Formsandes, einer Mischung von Sand und Lehm. Die Porosität desselben ist wesentlich abhängig von der Form und Größe der einzelnen Körnchen. Bei brauchbarem Formsand müssen letztere möglichst scharfkantig und zackig sein und annähernd gleiche Größe haben, da sonst die kleineren die Poren zwischen den größeren verstopfen. Dasselbe würde eintreten, wenn der Gehalt an Lehm zu groß wäre; wäre er zu klein, so würde sich der Sand nur schwer formen lassen und abbröckeln.

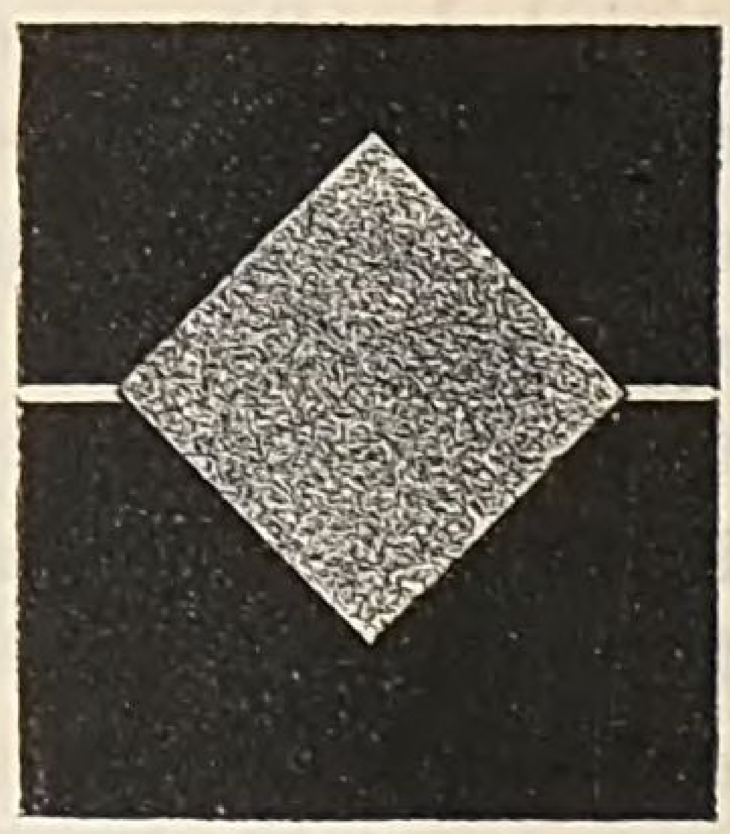
Das Formen geschieht natürlich im nassen Zustand und zwar muss auch hinsichtlich des Feuchtigkeitsgrades ein gewisses Maß gehalten werden. Um den Sandformen genügenden Zusammenhang zu sichern, werden sie nicht wie Gyps- und Lehmformen frei hergestellt, sondern in rechteckigen eisernen Rahmen, den Formkästen.

Ein Formkasten (Fig. 243) besteht in der Regel aus zwei solchen Rahmen, welche die beiden Theile der Form enthalten und durch Haken und Oesen mit einander fest verbunden werden können. Die Innenseite der Rahmen ist entweder concav oder mit vorspringenden Leisten versehen, so dass beim Aufheben die Sandform festgehalten wird und nicht herausfällt.

Beim Gebrauch legt man zunächst den einen Rahmen auf ein ebenes Brett, Formbrett, drückt denselben mit Formsand voll, streicht gerade ab und drückt das Modell bis zur Hälfte ein. Nun bedeckt man alles mit Kohlenstaub, den man aus einem Säckchen von dünner Leinwand aufbeutelt, setzt den zweiten Rahmen auf, füllt wieder mit Formsand, stampft denselben fest, gewöhnlich mittels eines Holzhammers, und streicht dann eben ab. Alsdann wendet man den Formkasten um, so dass die frühere obere Hälfte nunmehr zur unteren wird und die untere obere. Aus der letzteren schlägt man nun den Sand wieder heraus, da er nur vorläufig zum Festhalten des Modells dienen sollte, schneidet dann mittels eines Messers, des Formmessers, den Sand in der unteren Hälfte eben, bestäubt mit Kohlenstaub, setzt den oberen Rahmen wieder auf und stampft ihn definitiv fest mit Sand aus. Schließlich nimmt man die beiden Theile (Fig. 244) auseinander und entfernt das Modell, nachdem man es zuvor



243



244

Fig. 243—244.

durch leises Beschlagen mittels des Hammers gelockert hatte, schneidet den Einguss (eventuell Windpfeifen) ein, streicht denselben mittels eines nassen Pinsels glatt und die Form ist fertig.

Sind die Modelle unterschnitten, so müssen sie aus mehreren Theilen bestehen, so dass sich ein Theil nach dem andern entfernen lässt, ohne die Form zu verletzen. Holzmodelle müssen durch Lackanstrich gegen Feuchtwerden geschützt sein.

25. Metallgießen.

Zinn wird in einem eisernen Gefäß, dessen Oberfläche, um das Anhaften zu vermeiden, oxydirt ist, geschmolzen und zum Eingießen in die Form mittels eines Löffels ausgeschöpft, nachdem man zuerst die gebildete Haut von Zinnoxyd zur Seite geschoben hat. Gewöhnlich wird bleihaltiges Zinn angewendet, da dieses leichter schmilzt, die Formen besser ausfüllt und billiger ist.

Als Formen dienen am einfachsten Gypsformen. Vor dem Gebrauche müssen sie gut angewärmt werden, um Springen zu vermeiden, auf der

Innenseite erhitzt man außerdem bis zur Gluthhitze, da das Gussstück andernfalls blasig wird und keine glatte Oberfläche erhält. Durch das Erhitzen wird aber der Gyps mürbe und die Formen halten deshalb nur wenige Güsse aus.

Weit zweckmäßiger sind Metallformen, am besten messingene, des leichteren Anfassens halber mit hölzernen Griffen versehen. Auf ihrer Innenseite werden sie, um das Anhaften des Zinns zu vermeiden, mit Bolus bestrichen und über einer Terpentinflamme stark berusst. Vor dem Gebrauch werden sie ebenfalls angewärmt, damit das Zinn sich der Fläche dicht anschließe. Sehr scharfe Güsse werden erzielt, indem man das Zinn nahezu bis zur Rothgluth erhitzt und die Form durch Eintauchen in dasselbe auf nahe gleiche Temperatur bringt, nach dem Eintauchen aber durch nasse Lappen rasch kühlt, so dass die Oberfläche zuerst erstarrt und sich also hier keine Sauggruben bilden können, die sonst durch die Contraktion des Metalls entstehen müssten.

Um Zinn zu sparen, wird häufig, sobald man annehmen kann, dass die Oberfläche erstarrt ist, der noch flüssige Inhalt ausgegossen, so dass ein hohles Gussstück resultirt.

Für sehr kleine Gussstücke können Zinnformen angewendet werden, nur darf man dieselben nicht stark anwärmen und das Zinn nur wenig über seinen Schmelzpunkt erhitzen. Man drückt das Modell zunächst zur Hälfte in Thon ein, legt einen Papierrand rings herum, lässt trocknen und gießt dann Zinn darauf. Die so hergestellte halbe Form wird auf ihrer Fläche geebnet, mit einigen Grübchen versehen, berusst, das Modell wieder eingelegt und nun die andere Hälfte gegossen. Den Grübchen entsprechend bilden sich an dieser Wärzchen aus, welche ermöglichen, die beiden Formhälften jederzeit wieder richtig zusammen zu fügen. Die Innenseite wird schließlich mit Ocker oder Bolus bestrichen und berusst.

Auch Papierformen werden zuweilen benutzt, namentlich für Legirungen, die leichter als Zinn schmelzen. Dahin gehört das Stereotypiren, d. h. die Herstellung einer Copie eines Letternsatzes. Man legt auf den Satz ein auf der Rückseite mit Kleister bestrichenes Seidenpapier und klopft dasselbe mit einem steifen Pinsel oder einer Bürste an die Lettern an. Darauf legt man dann ein zweites, bekleistertes Papier, drückt wieder an, darauf ein drittes, viertes u. s. f., im Ganzen etwa 12—15, und schließlich einen Pappdeckel. In einer Presse wird nun das Ganze an einem warmen Orte getrocknet, und stellt dann beim Abnehmen eine verkehrte Copie der Lettern dar. Bildet man alsdann einen Rand ringsherum und gießt mit der Legirung aus, so ist das Gussstück eine richtige Copie des Letternsatzes. Wird die Papierform cylindrisch gebogen, so erhält man als Abguss eine Typen-Walze.

Blei wird am besten in eisernen oder Sandformen gegossen. Um es härter zu machen, setzt man 15 % und mehr Antimon zu. Bekannt sind die Formen zum Kugelgießen, deren beide mit Griffen versehene Hälften durch ein Charnier derart verbunden sind, dass sie eine Art Zange bilden (Fig. 245). Gewöhnlich ist diese Zange auch mit zwei Schneiden versehen, um die Angüsse der Kugeln abschneiden zu können.

Dass man stets die Formen anwärmen muss und namentlich, wenn mit Wasser gekühlt wurde, sehr darauf sehen muss, dass keine Spur von Wasser in der Form zurückbleibe, versteht sich von selbst, da durch die rasche Verdampfung des Wassers gefährliche Explosionen entstehen können.

Sehr schöne und harte, allerdings auch sehr spröde Güsse liefert Zink. Zum Schmelzen kann ein gusseiserner Kessel dienen. Man erhitzt nur wenig über den Schmelzpunkt, da sich das Zink leicht oxydirt und deshalb das Gussstück mit einer grauen Schicht bedeckt und blasig erscheinen würde, falls man zu sehr erhitzte. Als Formen dienen Sandformen, und zwar dürfen dieselben noch nass, wenigstens mäßig feucht sein, falls sie hinreichend porös sind. Trockene Formen geben allerdings weit schärferen und schöneren Guss. Auch Gypsformen finden Anwendung, müssen aber vor dem Guss auf der Innenseite bis zur Rothgluth erhitzt werden.

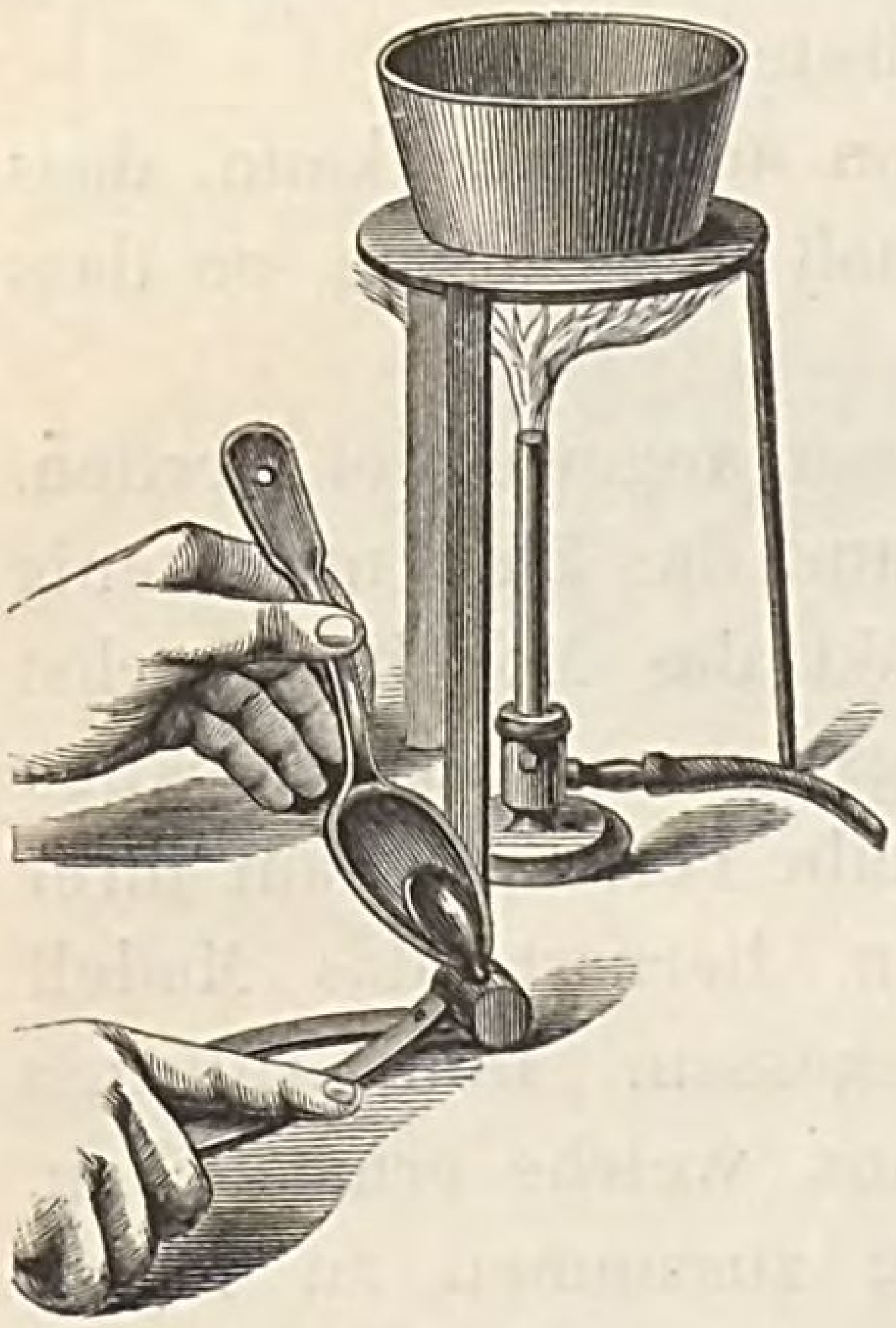


Fig. 245.

Metallformen werden entweder aus Messing oder Zink hergestellt und gut berusst. Die Formen aus Zink kann man ähnlich wie die oben erwähnten Zinnformen durch Gießen herstellen, falls das Modell aus Metall besteht.

Ebenso wie bei Zinn stellt man häufig durch Stürzen der Form nach Erstarrung der Oberfläche hohle Gussstücke her, wenigstens kleinere Objekte. Bei größeren muss in früher beschriebener Weise der Hohlraum durch einen Kern ausgespart werden.

Man kann die Sprödigkeit des Zinks einigermaßen mildern durch einen geringen Zusatz von Blei, doch muss die Mischung gut umgerührt werden, da sonst das schwerere Blei zu Boden sinkt. Auch durch Einlegen verzinnter Eisendrähte in die Form, welche also in das Gussstück eingeschmolzen werden, kann man die Haltbarkeit der Zinkwaaren einigermaßen vergrößern.

Sehr wichtig ist das Gießen von Messing und Bronce, doch wird man nur dann solche Güsse selbst herstellen, wenn anders keine

Gelegenheit dazu geboten ist, und wenn es sich nur um kleine Gegenstände handelt.

Als Schmelzofen dient dann die Schmiedeesse, als Gefäß ein hessischer oder Graphittiegel. Graphittiegel haben den Vorzug, weil das Gekrätze ihnen nicht so sehr anhängt wie den Thontiegeln. Man bereitet zunächst ein hinreichend starkes Feuer in der Schmiedeesse und wärmt den Tiegel, den man mit Metall gefüllt hat, langsam vor, fasst ihn mit einer gleichfalls angewärmten Tiegelzange und setzt ihn derart in das Feuer, dass er ringsum bis an den Rand gut von Kohlen umgeben ist und von dem Luftstrom nicht direkt getroffen werden kann.

Ist der erste Einsatz zusammengeschmolzen, so füllt man nach, bis die Metallmenge genügend ist. Um die Oxydation zu hindern, muss die Oberfläche des geschmolzenen Metalls mit Borax bedeckt werden. Beim Ausgießen räumt man alle Unreinigkeiten von der Oberfläche mittels des Raumlöffels ab, fasst den Tiegel mit der vorgewärmten Tiegelzange, hebt ihn aus dem Feuer und gießt nun gleichmäßig in die Form, ohne abzusetzen.

Als Formen dienen fast ausschließlich gut getrocknete Sandformen. Da sich Messinggegenstände beim Erkalten sehr stark zusammenziehen, so würden sie zerreißen, falls man sie bis zum völligen Erkalten in der Form belassen wollte. Bei Rädern mit Speichen z. B. reißt gewöhnlich eine der Speichen. Sobald daher Erstarrung eingetreten ist, öffnet man die Form und räumt den Sand in dem Maße weg, dass die Contraktion möglich ist. Man kann auch dadurch dem Reißen einigermaßen vorbeugen, dass man die Speichen S-förmig gestaltet. Der Anguss wird nach dem Erkalten mit einer Säge abgeschnitten.

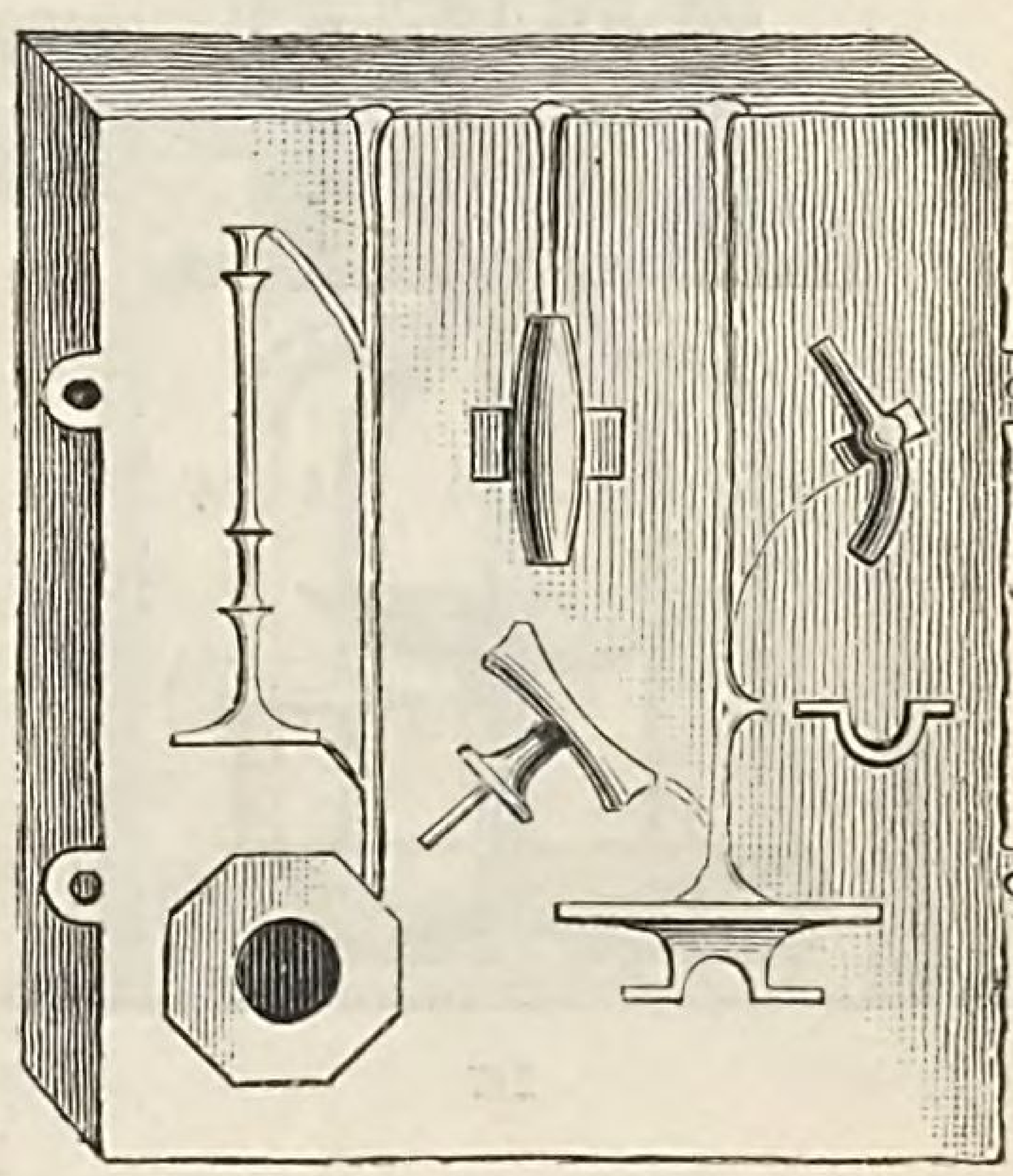


Fig. 246.

Sind mehrere kleine Gegenstände in einer Form (Flasche) zu gießen, so bringt man einen Haupteinguss an, in welchen die Eingüsse der einzelnen Höhlungen einmünden (Fig. 246). Diese Seiteneingüsse müssen steigend eingeschnitten werden, damit keine der Höhlungen sich eher füllen kann, als bis die tiefer liegenden gefüllt sind.

Lehmformen müssen gut geglüht und bis zum Eingießen in Gluth erhalten werden.

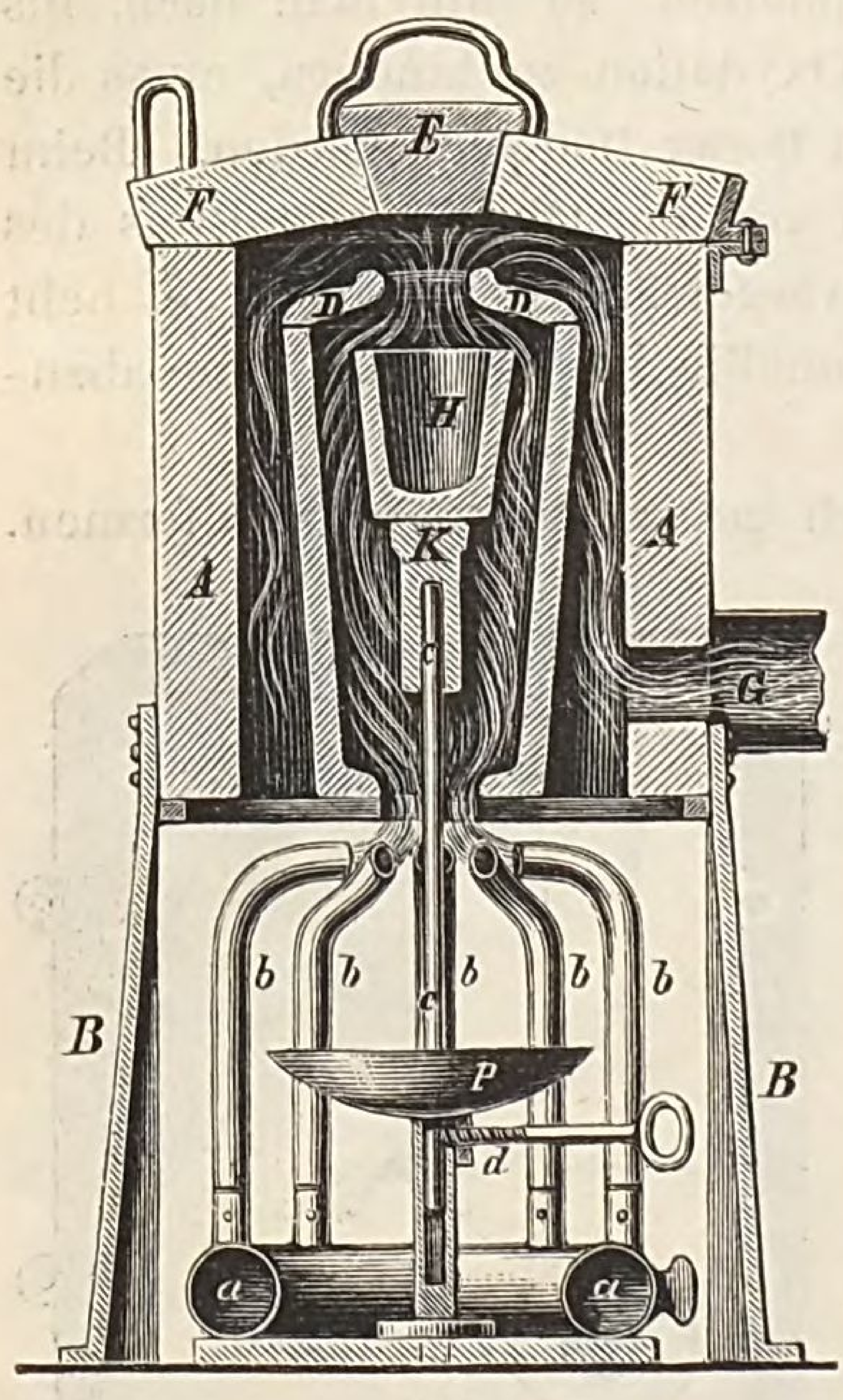
Bronce muss stark erhitzt, gut umgerührt und rasch abgekühlt

werden, da sich sonst leicht eine zinnreichere Legirung ausscheidet, der Guss also fleckig erscheint.

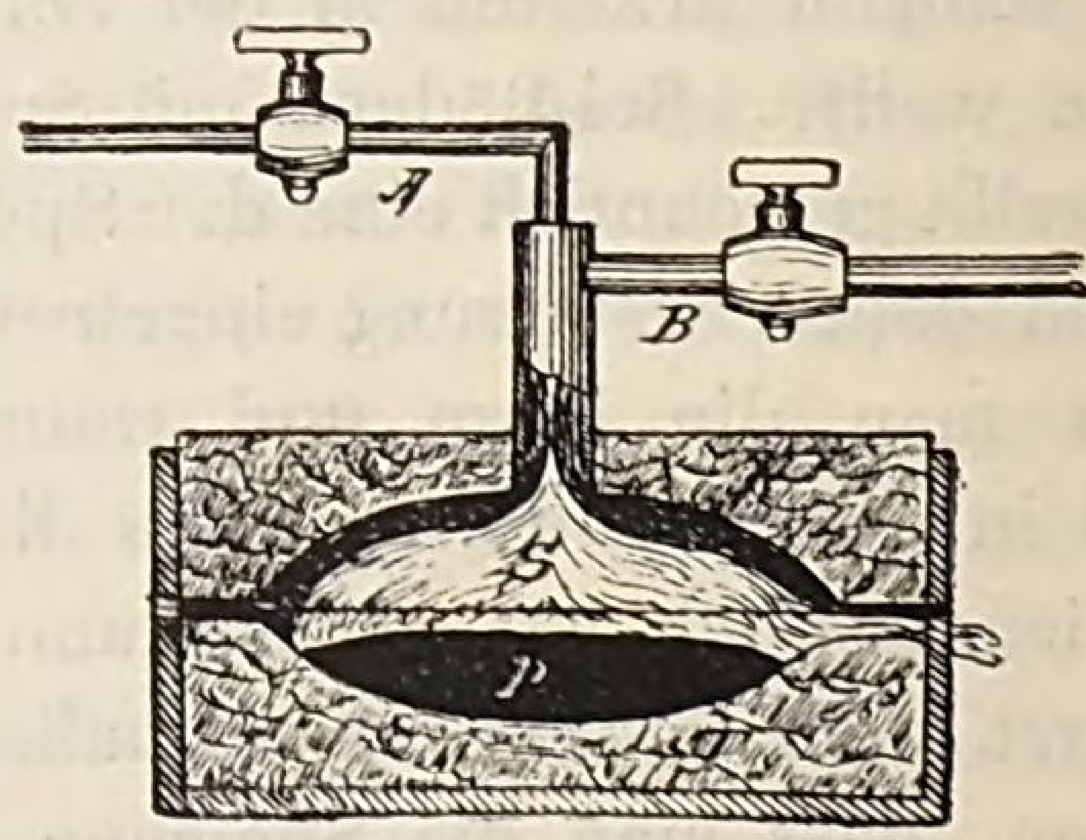
Bei Herstellung der Legirung aus ihren Bestandtheilen wird stets das schwerer schmelzbare Metall zuerst geschmolzen und dann das leichter schmelzbare eingetragen.

Reines Kupfer erhält einen Zusatz von 1 % Kryolith und 0,25 % Bleizucker, da sonst die Güsse blasig und zu zähe werden.

Eisen kann man nicht selbst gießen, denn kleinere Stücke werden, soweit es sich um die hier in Betracht kommenden Arbeiten handelt, überhaupt nicht aus Gusseisen hergestellt, größere aber erfordern einen mächtigen Gießofen, Kammern zum Trocknen der Formen etc. Man fertigt also nur die Zeichnung (eventuell das Modell unter Berücksichtigung der Schwindmasse und der erforderlichen Zerlegbarkeit, falls unterschnittene Theile vorkommen) und lässt den Guss in einer Eisengießerei besorgen.



247



248

Fig. 247—248.

Silber und Gold können in kleinen Quantitäten in dem in Fig. 247 dargestellten Gasofen geschmolzen werden. Platin erfordert ein sehr kräftiges (Deville'sches) Knallgasgebläse, welches in einen zweitheiligen Ofen aus gebranntem Kalk einmündet (Fig. 248).

26. Galvanoplastik.

Von besonderer Wichtigkeit ist in neuerer Zeit der kalte Guss, d. h. die Copie von Modellen in Metall auf elektrolytischem Wege, geworden. Als Metall kommt dabei fast ausschließlich Kupfer in Betracht, welches

aus Kupfervitriollösung durch einen schwachen Strom niedergeschlagen wird. Ein starker Strom erzeugt keine cohärente Kupferschicht, sondern pulverförmiges Kupfer, und da die Stromintensität vom Widerstand abhängt, und dieser wieder von dem Gehalt an freier Schwefelsäure, so muss letzterer entweder dadurch, dass man eine Anode aus Kupfer verwendet, oder durch Neutralisiren mit Kupferoxydhydrat (Bergblau) oder Kreide auf richtiger Höhe erhalten werden. Wird Kreide zum Neutralisiren verwandt, so darf das Bad erst wieder verwendet werden, wenn sich der gebildete Niederschlag von schwefelsaurem Kalk zu Boden gesetzt hat. Wird keine Kupferanode verwendet, so muss man ferner dafür sorgen, dass die Lösung gesättigt bleibt, indem man einen mit Kupfervitriolkrystallen gefüllten Beutel einhängt. Zur Erzeugung des Stromes dient gewöhnlich ein Bunsen'sches Element von genügender Größe (eventuell mehrere nebeneinander verbundene), oder auch eine Thermosäule oder eine Dynamomaschine. Bei einzelnen kleinen Gegenständen verwendet man wohl auch einfach einen mit Schwefelsäure und Zink versehenen porösen Thonbecher, oder einen mit Blase unten verschlossenen Glascylinder, welcher in das mit Kupfervitriol gefüllte Gefäß eingehängt wird und mit diesem sowie der darin befindlichen Form, auf welche das Kupfer niedergeschlagen werden soll, ein Daniell'sches Element bildet.

Die Form besteht am besten aus Metall und wird, damit der Kupferniederschlag nicht anhänge, schwach mit Fett eingerieben. Der (mit Guttapercha oder Wachs umkleidete) Zuleitungsdraht wird entweder einfach an das Modell angedrückt oder angehängt oder angelöthet.

Man erhält so einen negativen Abdruck der Form, des Modells, der nun seinerseits wieder dazu dienen kann, eine positive Copie desselben herzustellen. In der Regel stellt man solche Copien nicht massiv her, sondern fertigt nur ein dünnes Blech, welches die Erhabenheiten und Vertiefungen der Oberfläche genau wiedergibt, und gießt dann dasselbe mit Blei oder Zinn aus.

Sehr häufig stehen nun keine Metallformen oder Metallmodelle, von denen man sich, wie angegeben, auf galvanoplastischem Wege eine Metallform herstellen könnte, zur Verfügung. Man muss sich dann mit nichtmetallischen Formen behelfen, und zwar am besten mit solchen aus Guttapercha, Wachs, Gyps, Leim oder Holz. Die letzteren müssen dabei zum Schutz gegen Feuchtigkeit mit Paraffin oder Stearin durchtränkt oder mit Firnis überzogen sein.

Um diese nichtmetallischen Substanzen, wenigstens oberflächlich, elektrisch leitend zu machen, überzieht man sie mit einer dünnen Graphitschicht. Der Graphit wird hierzu in Form eines sehr feinen Pulvers verwendet und mittels eines Pinsels aufgerieben. Er muss von

feinster Sorte und mittels Salzsäure gereinigt sein; das Aufreiben muss so lange fortgesetzt werden, bis die Oberfläche allenthalben glänzend schwarz ist. Bei Formen, die zu zart sind, um ein Aufpinseln zu ermöglichen, erzeugt man einen oberflächlichen Niederschlag von Silber oder Schwefelsilber, indem man dieselben mit einer wässerigen oder ammoniakalischen Lösung von salpetersaurem Silber benetzt und in ein Gefäß einhängt, in welchem sich ein Schälchen mit Phosphor und Aetzkalilauge oder Schwefelkohlenstoff befindet. Sobald der Gegenstand völlig geschwärzt ist, ist die Metallisirung vollendet.

Guttaperchaformen werden einfach durch Aufdrücken der erwärmten und somit erweichten Guttapercha auf das Modell erhalten. Wachsformen (gelbes Wachs mit $^1/_{16}$—$^1/_{20}$ venetianischem Terpentin) werden durch Gießen oder Bossiren hergestellt, nachdem man die geschmolzene Wachsmasse durch Abschäumen und Dekantiren von allen Unreinigkeiten befreit hat. Die Leimformen werden nicht aus reinem Leim, sondern aus einer Mischung von 500 Leim mit 10 Tannin und 10 Candiszucker gebildet. Holz- und Gypsmodelle müssen mit Paraffin oder Stearin durchtränkt oder gefirnist werden, so dass ein Eindringen der Feuchtigkeit völlig ausgeschlossen ist. Glasmatrizen müssen vor dem Ueberziehen mit Graphit matt geätzt und ebenfalls gefirnist werden.

Das Befestigen der Leitungsdrähte geschieht gewöhnlich durch Anbinden mittels eines feineren Drahtes, der durch eine Bohrung durchgezogen ist, oder auch durch Einschmelzen und dergl. Bei größeren Gegenständen lässt man den Draht in mehrere sehr dünne Zweige auslaufen, welche wie Fühler die Oberfläche an verschiedenen Punkten berühren und einzig durch ihre Federkraft angedrückt werden. Die Enden dieser Fühler wachsen natürlich in die Kupferhaut mit ein und müssen dann vorsichtig abgeschnitten werden.

Sind hohle Gegenstände anzufertigen, so kann man ein Wachsmodell benutzen, welches den Gegenstand ohne Höhlung darstellt, eine dünne Kupferschicht darauf niederschlagen, das Wachs ausschmelzen, gut reinigen und nun Kupfer auf der Innenseite sich ablagern lassen, bis die gewünschte Dicke erreicht ist. Die Außenfläche wird dabei durch Ueberziehen mit Wachs geschützt, die Anode in den Hohlraum eingeführt und so gebogen, dass die Stromdichte nahezu allenthalben gleich groß wird.

C. Bearbeitung unter Vermehrung der Masse.

27. Metallisiren, Galvanisiren, Metallfärben.

Wird bei dem galvanoplastischen Verfahren ein metallenes Modell angewendet, welches nicht eingefettet, sondern im Gegentheil mittels Kratzbürsten und verdünnter Säure möglichst gut gereinigt ist, so lässt sich der gebildete Niederschlag nicht mehr ablösen, sondern ist fest mit dem Gegenstand verbunden. Man macht davon Gebrauch, um unedlen oder unschönen Metallen ein besseres Aussehen oder größere Widerstandsfähigkeit gegen chemische oder mechanische Einwirkungen zu geben. Insofern bei diesen Methoden die Masse des Arbeitsstückes vergrößert wird, bilden sie den Uebergang zu den Arbeiten dritter Kategorie.

Metalle, welche hierbei hauptsächlich in Betracht kommen, sind: Kupfer, Gold, Silber, Platin, Nickel, Eisen und Messing.

Zum Verkupfern dient in der Regel Kupfervitriollösung. Gegenstände aus Eisen, Stahl, Gusseisen, Zinn, Zink und Messing werden in dieser Lösung stark angegriffen, so dass man genöthigt ist, alkalische Bäder zu verwenden, z. B. 500 schwefligsaures Natron, 500 Cyankalium, 1000 kohlensaures Natron, 475 essigsaures Kupferoxyd, 350 Ammoniak, 25000 destillirtes Wasser, oder 300 schwefligsaures Natron, 500 Cyankalium, 350 Grünspahn, 200 Ammoniak, 25000 Wasser.

Zum Vergolden dient eine Mischung von 40 Cyankalium mit 1000 Wasser, 10 Goldchlorid und 2 Ammoniak. Ein kupferhaltiges Goldbad erzeugt eine röthliche Goldschicht, ein silberhaltiges eine grüne.

Zum Versilbern: 12 Silber durch Lösen in Salpetersäure und Ausfällen mit Kochsalz in Chlorsilber verwandelt und gut ausgewaschen, gemengt mit 192 gelbem Blutlaugensalz in 2500 Wasser und 128 Salmiakgeist; oder 200 g Cyankalium in 4000 Wasser und 30 Silbernitrat in 1000 Wasser, gemischt, erwärmt und einige Stunden abgekühlt.

Zum Vernickeln: 500 schwefelsaures Nickeloxydul-Ammoniak in 10000 Wasser, 250 schwefelsaures Ammoniak und 50 Citronensäure. Die Mischung wird $^1/_4$ Stunde gekocht und mit kohlensaurem Ammoniak neutralisirt; oder 4 salpetersaures Nickeloxydul in 4 Ammoniak mit 150 Wasser und 50 saurem schwefligsaurem Natron.

Für Messingniederschläge wird ein Bad von 700 schwefelsaurem Natron und 1000 Cyankalium auf 2000 Wasser benutzt, dem noch eine Lösung von 350 essigsaurem Kupferoxyd, 350 Chlorzink und 400 Ammoniak auf 5000 Wasser zugesetzt wird; auch kann man direkt in einer Cyankaliumlösung mit einem positiven Pol von Messing arbeiten.

Sind nur sehr dünne Schichten des fremden Metalls aufzutragen,

so kann häufig von der Benutzung einer galvanischen Batterie zur Erzeugung der Niederschläge abgesehen und ein vereinfachtes Verfahren in Anwendung gebracht werden.

Eisen z. B. verkupfert sich schon beim Eintauchen in eine kupfersalzhaltige Flüssigkeit, etwa eines der oben genannten alkalischen Bäder. Durch Umwickeln mit Zinkdrath wird der Prozess befördert.

Theile von Taschenuhren werden zum Zwecke der Vergoldung auf ein blank geschabtes Zink- oder Platinblech gelegt und mit diesem etwa 2 Minuten lang in eine auf 35—40° erwärmte Lösung von Goldchlorid ($^1/_2$ Dukaten in Königswasser gelöst) in 1—1$^1/_2$ Liter destillirtem Wasser mit 12 g Cyankalium und 6 g Kochsalz eingetaucht. Die eigenartige Körnung wird durch vorheriges Auftragen von feinem Silberpulver erzeugt. Man erhält solches, indem man eine Lösung von 2 g Silbernitrat in 1 Liter Wasser mit Kochsalz fällt, dekantirt, wiederholt auswäscht, dann verdünnte Schwefelsäure (30 g in 1 Liter Wasser) zusetzt und einige Zinkstreifen hineinstellt. Das so erhaltene Silberpulver wird getrocknet, 6 Theile fein pulverisirtes Kochsalz und 3 Theile ebenfalls fein pulverisirter Weinsteinrahm (Cremor tartari) zugesetzt, gut verrieben und mit etwas Wasser zu Brei angerührt. Mittels einer fettfreien steifen Bürste wird diese Masse auf die zu körnenden, fein abgeschliffenen Gegenstände aufgerieben, bis die Körnung den richtigen Grad erreicht hat, und mit einer Kratzbürste aus feinstem Messingdraht, welche auf 3 cm aufgewickelt ist und zeitweise auf einem reinen Reibeisen abgerieben wird, unter Benetzung mit Seifenwurzelabkochung polirt.

Zum Vernickeln (durch Ansieden) wird eine concentrirte Chlorzinklösung mit dem doppelten Volum destillirten Wassers verdünnt zum Kochen erhitzt, der entstandene Niederschlag durch etwas Salzsäure beseitigt und letztere durch Zinkpulver wieder gebunden. Nun setzt man Nickelchlorid oder -sulfat hinzu, bis die Flüssigkeit grün gefärbt ist, taucht die Gegenstände nebst einigen Zinkstreifen ein und lässt $^1/_4$ Stunde kochen.

Zum Verzinnen (durch Ansieden) werden die Gegenstände in einer Mischung von 1 Th. gereinigtem Weinstein, 3 Theilen feingekörntem Zinn und 80 Theilen Wasser 1—2 Stunden gekocht, bis sie schön weiß erscheinen. Gegenstände aus Eisen und Stahl müssen zuvor verkupfert werden.

Das Amalgamiren, d. h. Ueberziehen mit einer Quecksilberschicht wird meist durch Eintauchen in eine Lösung von Quecksilbernitrat oder -sublimat bewirkt oder einfach durch Ueberreiben mit Quecksilber mittels einer Bürste unter gleichzeitigem Anätzen mit verdünnter Schwefelsäure. Mit der Zeit dringt das Quecksilber in das Innere des Gegenstandes ein und macht denselben brüchig.

Eisen amalgamirt sich nur schwierig und wird deshalb zweckmäßig zuerst verzinnt.

Bei der Amalgamvergoldung, auch Feuervergoldung genannt, wird auf die zunächst amalgamirte Fläche mittels einer feinen Messingdrahtbürste ein Amalgam von 1 Theil Gold mit 8 Theilen Quecksilber aufgetragen, welches erhalten wird, indem man das dünn ausgewalzte Gold in einem Tiegel glüht und mit dem vorgewärmten Quecksilber übergießt. Durch nachträgliches Abpressen von Quecksilber kann das Amalgam auch goldreicher gemacht werden). Schließlich werden die Gegenstände auf einem Drahtnetz über einer Gasflamme unter einem gut ziehenden Abzug erhitzt, bis sich das Quecksilber verflüchtigt hat.

Sehr wichtig ist das Verzinnen mit geschmolzenem Zinn, welches insbesondere bei eisernen Gegenständen ausgeführt wird, namentlich dann, wenn an solchen später Löthungen mit Zinn ausgeführt werden sollen. Man beizt zunächst in verdünnter Schwefelsäure, bestreicht mit neutraler Chlorzinklösung, erhitzt und trägt dann das geschmolzene Zinn auf und breitet es mittels eines mit Salmiak bepuderten Wergbüschels aus. Kleinere Gegenstände taucht man ganz in ein Gefäß mit geschmolzenem Zinn (und etwas Chlorzink oder Talg), oder man erhitzt sie so stark, dass ein daran gehaltenes Stäbchen von Zinn schmilzt, und verreibt dann die hängengebliebenen Zinntropfen mittels eines Stücks Salmiak.

Kupfer und andere Metalle werden zuweilen mit Silber oder Gold plattirt, d. h. eine Platte des edlen Metalls auf die verzinnte und noch heiße Fläche aufgelegt und durch Walzen fest damit vereinigt. Auch Amalgamiren statt des Verzinnens ist in manchen Fällen ausreichend, die Vereinigung zu vermitteln, und bei nicht oxydirbaren Metallen genügt schon das einfache Aufpressen im erhitzten Zustande.

Aehnlich ist das Belegen der Spiegel. Man bringt auf Zinnfolie, welche glatt auf eine geschliffene Marmorplatte ausgebreitet ist, reines Quecksilber, legt darauf die gut gereinigte Glasplatte und beschwert sie mit Gewichten, so dass das überschüssige Quecksilber abgepresst wird, und überlässt nun das Ganze sich selbst.

Glas wird mit einer festhaftenden dünnen Silberschicht überzogen, indem man es in eine Mischung aus gleichen Raumtheilen folgender Flüssigkeiten eintaucht: 1) 3,75 Silbernitrat in 30 Wasser gekocht und mit einer Lösung von 3 Seignettesalz in 1440 Wasser gemischt und nach dem Erkalten filtirt. 2) 3,75 Silbernitrat in 30 Wasser gelöst und mit Ammoniak versetzt, bis der anfänglich entstandene Niederschlag wieder verschwindet, und schließlich 360 Wasser zugesetzt. Die das Glas bedeckende Schicht der Flüssigkeit muss etwa 12 mm dick sein, und die Dauer der Einwirkung etwa 10 Minuten betragen. Zweckmäßig versieht

man die zu versilbernde Platte mit einem hölzernen Griff, welcher mittels Pech angekittet wird, nachdem man die betreffende Stelle zuvor mit Terpentin gerieben hatte. Die zu versilbernde Fläche muss sorgfältig gereinigt sein, und zwar mit Tripel und Ammoniak mittels eines Schwammes, mit dem man kreisend, nicht in geraden Strichen, die Platte überreibt (für sehr weiche Gläser dient Polirroth mit Alkohol). Ist die Versilberung beendet, was man daran erkennt, dass sich die Flüssigkeit zwischen Spiegel und Schale mit einer Silberhaut bedeckt, so wäscht man unter Anwendung eines feinen Pinsels ab, polirt mit feinem Waschleder und zuletzt mit etwas Polirroth.

Platin- und Goldüberzüge auf Glas werden eingebrannt und eignen sich nicht zur Herstellung im kleinen. Durch Verwendung von Platin- oder Goldkathoden in äußerst stark evakuirten Röhren werden auf gegenübergestellten Glasplatten beim Durchgang der elektrischen Entladung ebenfalls sehr dünne, glänzende Niederschläge erzeugt, die zu manchen Zwecken Verwerthung finden können. Die durch Einbrennen hergestellten Platinüberzüge haften sehr fest und können galvanisch wieder mit anderen Metallen überzogen werden.

Umgekehrt kann auch Metall mit einer glasartigen Masse, Email, dauerhaft durch Einbrennen überzogen werden, falls nur die thermische Ausdehnung der beiden Stoffe nicht zu sehr verschieden ist. Bekannt ist Wächter's Email, bestehend aus 3 Theilen Mennige, 2 Theilen weißem Sand und 3 Theilen Borsäure.

Um Eisengegenstände mit einem glänzend schwarzen Ueberzuge zu versehen, erhitzt man sie 15—30 Minuten in Steinkohlenfeuer, so dass sich die schwer flüchtigen Destillationsprodukte der Steinkohlen darauf condensiren, vielleicht auch ein dünner Ueberzug von Gaskohle entsteht.

Eisenblechgegenstände, welche höhere Temperatur auszuhalten haben (Ofenröhren), erhalten einen glänzend schwarzen Ueberzug durch Bestreichen mit einer Lösung von 1 Schwefel in 10 Terpentinöl und starkes Erhitzen in einem Thermostaten. Für Gegenstände, die wenig oder gar nicht der Erwärmung ausgesetzt sind, genügt ein Anstrich mit Asphaltlack.

Stahlschrauben werden bei feineren Apparaten zum Schutze gegen Rost blau gemacht, indem man sie zunächst fein polirt, dann, ohne sie mit den Fingern zu berühren, mittels einer Pincette (Kornzange) in ein durchlöchertes Blech einsetzt, auf welchem sie mittels ihrer Köpfe aufsitzen, nun von unten vorsichtig erwärmt, bis die gewünschte Anlauffarbe nahe erreicht ist und schließlich, die Köpfe nach unten, rasch auf kalten feinen Sand wirft. Ebenso erhitzt man Federn und dergl. auf einem starken Blech, um gleichmäßiges Anlaufen zu erzielen.

Geschliffene Eisentheile, welche dem Rosten leicht ausgesetzt sind, werden häufig brünirt. Man streicht auf das blanke Eisen eine Mischung von Chlorantimon mit Baumöl in dünner Schicht gleichmäßig auf, wäscht nach einigen Tagen, wenn sich eine gleichmäßig braune Färbung eingestellt hat, ab, trocknet, reibt mit Wachs ein und polirt, wenn nöthig, mittels eines Polirstahls. Eisen, welches blank bleiben soll, erhält zum Schutze gegen Rost einen dünnen Ueberzug von Kautschuköl, Wachs in Petroleumäther gelöst, oder auch häufig nur von gewöhnlichem Baum- oder Schmieröl.

Blankes Silber kann durch Bestreichen mit einer durch Alkohol verdünnten Collodiumlösung geschützt werden. Das entstandene Häutchen kann, wenn nöthig, durch heißes Wasser wieder entfernt werden.

Kupfer-, Bronze-, Messing- und Neusilbergegenstände werden häufig gelb gebrannt, d. h. durch Beizen in Säuren mit einer Oxydschicht bedeckt. Man mischt 1000 Salpetersäure, 400—500 Schwefelsäure, 5—10 Kochsalz und 5—10 Glanzruß von Holzfeuerung, lässt erkalten, taucht die Gegenstände an Haken aus Messingdraht ein, nimmt sie rasch wieder heraus, spült sie mit viel Wasser ab, legt sie in eine Lösung von 15—20 g Weinstein in 3—4 Liter Wasser und trocknet nach kurzer Zeit mit Sägespähnen. Sollen die Gegenstände ein mattes Aussehen erhalten, so mischt man 1000 Salpetersäure mit 400—500 Schwefelsäure, 4—5 Kochsalz und 10 Zinkvitriol, lässt diese Mischung (Mattbrenne) 24 Stunden stehen, taucht die Gegenstände 5—20 Minuten hinein und behandelt sie dann in der vorigen Weise mit Glanzbrenne.

Um Messing mit einem festhaftenden und gegen Erhitzung widerstandsfähigen, mattschwarzen Ueberzug zu versehen, bestreicht man es mit einer angesäuerten Lösung von salpetersaurem Kupfer eventuell mit Zusatz von Silbernitrat und erhitzt, bis dasselbe schwarz wird. Wenn nöthig, wiederholt man das Verfahren.

Zum Schwärzen optischer Instrumente genügt meist eine Mischung von Schellacklösung (in Alkohol) mit Ruß. Wenig Ruß gibt einen glänzenden, viel einen matten Anstrich.

Blankes Messing, in eine Mischung von 52,5 g unterschwefligsaurem Natron in 560 Wasser und 17,5 Bleizucker in 267 Wasser, welche auf 70—80° erhitzt ist, eingebracht, färbt sich erst goldgelb, dann karmoisinroth, blau und schließlich weißlich.

Verwendet man 35 präparirten Weinstein in 2,138 Wasser, und 17,5 Zinnsalz in 140 Wasser, erhitzt zum Kochen, lässt den Niederschlag sich setzen und schüttet die Lösung zu einer solchen von 105 unterschwefligsaurem Natron in 267 Wasser, erhitzt wieder zum Kochen und taucht nun die Gegenstände hinein, so erscheinen zuerst die gleichen Farben wie zuvor, schließlich aber noch Braun.

Bleioxydkali und rothes Blutlaugensalz färben Messing ebenfalls, und zwar in der Kälte goldgelb, in der Wärme braun.

17,5 Brechweinstein und 17,5 präparirter Weinstein in 560 Wasser gelöst, dazu 52,5—70 Salzsäure und ebensoviel gepulvertes Antimon, erzeugen statt Blau Violett, auf welches dann Grau folgt.

Zink kann geschwärzt werden durch Bestreichen mit verdünnter Kupfervitriollösung und Abbürsten mit feinem Graphit, welcher mit etwas Alkohol zu Brei angemacht ist.

Auch Gusseisengegenstände (Oefen) werden durch Abbürsten mit Graphit glänzend gemacht, indem man mit Bürsten fortfährt, bis die aufgetragene Schicht völlig trocken geworden ist.

Bronziren von Gusseisen kann dadurch erzielt werden, dass man die vorragenden Stellen mit Messingkratzbürsten bürstet. Die abgeriebenen Messingtheilchen bleiben, ähnlich wie die Graphittheilchen, ziemlich fest haften. Auch mattgeätztes Glas kann auf solche Weise metallisirt werden.

Der goldartige Glanz messingener Theile feinerer physikalischer Apparate wird durch Firnissen erzeugt. Der hierzu dienende Goldlack besteht aus einer (filtrirten) Lösung von 1 Theil Schellack in 5 Weingeist, mit gleichfalls filtrirten Lösungen von Gummigut und Drachenblut in Alkohol versetzt, und zwar je nachdem die Farbe mehr gelblich oder röthlich sein soll, mit mehr von dem ersten oder zweiten. Auch Schellacklösung mit Pikrinsäure und $^1/_2$ % Borsäure findet zuweilen Anwendung. Der Gegenstand wird vor dem Firnissen gut polirt und auf etwa 100° erhitzt. Runde Gegenstände lässt man auf der Drehbank umlaufen und erhitzt sie durch eine Weingeistflamme oder nichtleuchtende Gasflamme. Das Auftragen des Firnisses geschieht mittels eines weichen Haarpinsels rasch, sehr dünn und möglichst gleichmäßig. Ist der erste Anstrich völlig trocken, so gibt man einen zweiten, dritten u. s. f., bis die gewünschte Dicke erreicht ist. Ein Zusatz von Copaivabalsam (8—10 Theile) befördert das Glattfließen des Lacks.

Gegenstände aus Weißblech werden nicht selten ebenfalls mit Goldfirnis bestrichen, so dass sie ein messingartiges Aussehen erhalten, oder auch mit anders gefärbten Firnissen, welche man sich durch Vermischen von Schellacklösung mit Anilinfarben und eventuellen Zusatz von Mastix, Sandarach, Elemi- oder Benzoeharz in verschiedenster Weise herstellen kann.

Nicht glänzende Metallwaaren können durch Bestreichen mit solchen Firnissen, indem man denselben Silberbronze zusetzt, in verschiedener Farbe glänzend gemacht werden. Um reinen matten Metallglanz zu erzeugen, wird der Firnis für sich aufgetragen und passendes Bronzepulver mittels eines weichen Pinsels aufgestäubt.

Auch Lacke, die mit feinen farbigen Pulvern, Mennige, Zinnober

und dergl. vermengt sind, finden oft Anwendung. Ein Lack, der auch einigermaßen hohe Temperatur aushalten kann, wird zusammengesetzt aus 2 Dammarharz, 4 Terpentinöl, 1 Siccativ und 2 Leinölfirnis, oder durch Lösen von ungeschmolzenem Ganshautcopal in durch Kalk entwässertem Terpentinöl.

28. Holzlackiren und -Poliren, -Anstreichen und -Vergolden.

Manche Holzarten, die von Natur aus eine unansehnliche Farbe besitzen, können oberflächlich durch Beizen mit gelösten Farbstoffen verschönert, oder anderen edleren Holzarten ähnlich gemacht werden. Besonders gut eignen sich hierzu Birn- und Apfelbaum-, auch Ahorn- und Lindenholz.

Um solche Hölzer schwarz zu beizen, überstreicht man sie mehrmals mit heißer Blauholzabkochung, und schließlich mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali, oder erst mit Galläpfelabkochung und dann mit essigsaurem Eisenoxyd. Auch Anilinschwarz oder gute schwarze Tinte kann als Beize dienen.

Braune Beize wird erzeugt durch Abkochen von 1 Kasselerbraun mit 4 Wasser und 1 Soda, bis vollständige Lösung eingetreten ist. Sie dient namentlich zum Braunfärben des Nussbaumholzes vor dem Poliren. Eine Lösung von doppeltchromsaurem Kali erzeugt eine gelbbraune, übermangansaures Kali eine dunkelbraune Beize.

Rothbraune Beize zur Imitation von Mahagoniholz wird erzeugt durch ein Gemenge von 30 Curcuma und 30 Drachenblut in 250 Alkohol. Die Lösung wird filtrirt und beim Gebrauche erwärmt.

Gelbe Färbung wird durch eine Lösung von Curcuma in Alkohol allein erzeugt. Das Holz kann mit Alaun oder Zinnsalz vorgebeizt werden.

Rothe Beize wird erhalten durch Abkochung von 8 Fernambukspähnen und Zusatz von 1 Alaun. Das Holz muss zuvor mit Zinnsalz gebeizt werden.

Elfenbein wird einfach durch Einlegen in Lösungen von Anilinfarben gebeizt. Horn, welches schwarz gebeizt werden soll, wird einige Stunden in Quecksilbernitratlösung eingelegt und nach dem Abwaschen mit Schwefelleberlösung behandelt. Auch Höllensteinlösung erzeugt auf organischen Substanzen bekanntlich dauerhafte schwarze Färbung.

Sollen gebeizte Gegenstände matten Glanz erhalten, so überbürstet man sie mit einer in der Wärme dargestellten Mischung von 10 Wachs und 4—7 Terpentinöl. Mittels eines wollenen Lappens kann der Wachsüberzug auch glänzend gerieben werden.

Um starken Glanz zu erzeugen, werden mehrere Schichten von Copallack (eventuell Dammarlack) aufgetragen, je die folgende erst,

nachdem die vorhergehende völlig trocken ist, oder man polirt mit Schellacklösung (1 Theil Schellack mit 7—8 Theilen 88procentigem Weingeist). Die Schellacklösung wird mittels eines Schwämmchens, eines Wollebäuschchens und dergl. aufgenommen, dasselbe in ein Stückchen reine weiche Leinwand eingeschlagen, die Zipfel zu einem Griff zusammengedreht und die Unterseite des so erhaltenen weichen Ballens mit etwas Leinöl versehen. Man reibt damit auf dem zuvor gut mit feinem Bimssteinpulver und Leinöl geschliffenen Arbeitsstück gleichmäßig kreisend umher, bis der gewünschte Glanz erzielt ist. Die Schellacklösung dringt nämlich langsam durch die Poren der Leinwand hindurch und wird durch das Reiben während des Trocknens glatt gestrichen. Von Zeit zu Zeit gibt man wieder etwas Oel auf den Ballen, damit derselbe hinreichend schlüpfrig bleibt und nicht zu sehr adhärirt. Das beim Schleifen benutzte Oel muss vor dem Poliren möglichst entfernt werden, da es sonst mit der Zeit durchdringt und auf der Politur matte Flecken erzeugt. Sehr poröse Hölzer werden vor dem Schleifen mit Leimlösung getränkt, oder mit einer Mischung von Schellacklösung und Bimsstein abgerieben. Auch nimmt man anfänglich sehr concentrirte Politur und bewirkt das völlige Ebnen durch Ueberreiben mit reinem Weingeist und etwas Oel.

Für weiße Hölzer nimmt man an Stelle des gewöhnlichen, gebleichten Schellack. Sowohl beim einfachen Beizen, wie auch beim Firnissen und Poliren bleibt die eigenthümliche Struktur des Holzes sichtbar, sie erscheint nur in anderer Farbe und mit anderem Glanz.

Soll nun aber das Gefüge des Holzes oder Flecken und dergl. vollständig verdeckt werden und das Ganze ein völlig gleichmäßiges Aussehen erhalten, so trägt man einen Oelfarbenanstrich auf, der dann nachträglich, falls der Gegenstand besonders glänzen soll, noch gefirnist oder polirt werden kann.

Die Oelfarben werden erhalten durch Verreiben feiner farbiger Pulver mit Leinölfirnis (d. h. gekochtem Leinöl). Durch Zusatz von Terpentin kann man die Farbe verdünnen und dadurch das Aufstreichen erleichtern, Zusatz von sogenanntem Siccativ befördert die Oxydation des Leinöls, bewirkt also rasches Trocknen des Anstrichs.

Zum Grundiren, d. h. zum erstmaligen Anstreichen, benutzt man am besten Bleiweiß oder Mennige als Farbe, da diese rasch trocknen und gut decken. Nach zwei Tagen gibt man dann den zweiten Anstrich mit der gewünschten Farbe, und nach abermals zwei Tagen einen dritten, ebenfalls mit der gewünschten Farbe. Schließlich firnist man, in der Regel mit Copallack.

Soll der Anstrich durchaus glatt ausfallen, kein Pinselstrich mehr sichtbar sein, so wird jede aufgetragene Schicht vor dem Auftragen einer

neuen mittels Bimsstein und Wasser fein abgeschliffen. Man verwendet dabei den Bimsstein nicht wie gewöhnlich als Pulver, sondern in Form eines Handstücks, welchem man durch Absägen einer Hälfte und Abschleifen der Schnittfläche auf einer Sandsteinplatte eine ebene Bahn gegeben hat.

Solches vielfaches Abschleifen ist z. B. nöthig beim Wagenlackiren, um die völlig ebenen, spiegelnden Flächen herzustellen. Als Firnis dient dabei Bernsteinfirnis.

Kleine Gegenstände, welche feines Aussehen erhalten sollen, streicht man mit den in der Oelmalerei gebräuchlichen, in Tuben käuflichen, feinen Oelfarben an.

Um die Holzstruktur, insbesondere Eichenholz zu imitiren, trägt man zunächst einen etwas helleren Anstrich auf, auf diesen einen Anstrich mit dunklerer Lasurfarbe (d. h. Farbe, die geringe Deckkraft hat) und erzeugt nun die die Fasern andeutenden Linien und Striche durch Ueberfahren mit einem kammartig ausgeschnittenen Leder, einer Federfahne und dergl. Die Spiegel des Holzes werden einfach mit den Fingern oder mittels eines Tuchläppchens getupft oder gewischt. Durch Schlagen mittels eines langhaarigen flachen, sogenannten Schlagpinsels erzeugt man die Poren u. s. w.

Statt der Oellasurfarbe dient häufig, namentlich für Imitation anderer Holzarten, mit dünnem Leimwasser angeriebene Farbe, insbesondere gebrannte und ungebrannte Terra siena, Kasselerbraun und Umbra. Das Verwischen muss natürlich geschehen, so lange die Farbe noch nass ist. Nachher lässt man trocknen und überstreicht schließlich mit Copallack.

Mit Oelfarbe gestrichene Gegenstände sollen zuweilen an einzelnen Stellen, namentlich an Erhöhungen und seitlichen Vorragungen Metallglanz erhalten. Man bestäubt sie an diesen Stellen, ehe der Firnis völlig trocken ist, mittels passend gefärbten Bronzepulvers, welches im Handel in sehr verschiedenen Farben zu erhalten ist und einfach mit einem Baumwollenbäuschchen oder weichhaarigen Pinsel aufgetragen wird.

Um Striche zu ziehen, bedient man sich eines besonders feinen sogenannten Strichpinsels, welcher längs eines der Fläche nicht dicht anliegenden Lineals geführt wird.

Gegenstände, die keinen Glanz erhalten sollen und weder der Reibung mit andern Körpern, noch dem Einfluss der Nässe ausgesetzt sind, erhalten, falls man wesentlich auf Billigkeit Rücksicht zu nehmen hat, an Stelle des Oelfarbenanstrichs einen Anstrich mit Leimfarbe. Die Leimfarben unterscheiden sich von den Oelfarben nur dadurch, dass dünne Leimlösung die Bindung des farbigen Pulvers bedingt, anstatt Oel.

Das Grundiren erfolgt gewöhnlich mit Kreide, nachdem man zu-

nächst mittels Glaserkitt alle etwa vorhandenen Löcher und Poren verstrichen hat.

Handelt es sich darum, an einer Stelle den Leimanstrich einer Zimmerwand auszubessern, so muss man zunächst durch Probiren möglichst genau durch Mischen verschiedener Farben die betreffende Nüance zu erreichen suchen und dann, nachdem die betreffende Stelle angestrichen ist, mittels eines reinen, nur in Wasser getauchten Pinsels die Farbe längs der Ränder gut vertreiben.

Bestimmte Zeichnungen werden entweder mit Hülfe von Schablonen aus Papier, welches durch Oelfarbenanstrich gegen Nässe geschützt ist, mittels eines kurzhaarigen Pinsels und möglichst wenig, sehr trockener Farbe aufgetragen, oder zunächst von der Papierzeichnung abgepaust, indem man dieselbe längs der Contouren durch Nadelstiche (oder mittels eines scharf gezahnten Rädchens) durchlöchert und mit einem mit feinem Kohlenstaub gefüllten Beutelchen betupft.

Auch das Vergolden schließt sich dem Anstreichen an. Je nachdem Leinölfirnis oder Leimlösung als bindende Flüssigkeit dient, unterscheidet man Oel- und Leimvergoldung. Letztere ist die häufiger angewendete. Das Holz wird zunächst, um die Poren zu verstopfen, zweimal mit Leimwasser angestrichen, dann wiederholt mit Kreide und Wasser grundirt (etwa 12 mal) und hierauf mit Bimsstein und Wasser geschliffen. Nun trägt man eine Mischung von 8 Theilen rothem Bolus, 1 Theil Englischroth und 1 Theil Graphit erst mit Wasser, dann mit dünnem Leim angerührt, das sogenannte Poliment, auf, reibt nach dem Trocknen mit einem Leinentuche und trägt mittels eines schwach fettigen Pinsels Blattgoldstücke auf, nachdem man die betreffende Stelle zuvor mit schwachem Weingeist befeuchtet hat, und drückt diese schließlich mittels eines weichen Pinsels gut an. Diejenigen Theile, welche matt bleiben sollen, werden mit schwachem Leimwasser überstrichen, diejenigen, welche man blank wünscht, mittels eines gut polirten Achats gerieben, bis sie schönen Glanz angenommen haben.

Zum Herstellen vergoldeter Verzierungen auf Leder wird die betreffende Stelle mit einem Pulver von entweder bei 40° getrocknetem Eiweiß, oder einer Mischung von 4—5 Gummicopal und 1 Theil Mastix mittels eines Haarpinsels bestäubt, dann Blattgold auf den zuvor erhitzten metallenen Stempel genommen und dasselbe aufgepresst. Die Stempel, welche mit der Hand aufgedrückt werden, sind gewölbt, um den Druck auf eine bestimmte Stelle zu concentriren. Man muss sie deshalb während des Aufdrückens langsam so drehen, dass nach einander alle Stellen der wirkenden Fläche den verstärkten Druck erhalten.

Papparbeiten werden häufig mit buntem, glänzendem Papier mittels dünner Leimlösung beklebt, minderwerthiges Holz wird mit einer dünnen

Schicht politurfähigen Fournirholzes beleimt, oder erhält oberflächlich auf- oder in entsprechende Vertiefungen eingeleimte Verzierungen; Horn wird durch Auf- oder Einpressen von raspelartig rauh gemachten Metallplättchen verziert und dergl. Für physikalische Zwecke sind diese Arbeiten indess von sehr untergeordneter Bedeutung.

Erwähnung mag noch finden, dass Kreis- und Längentheilungen häufig auf eingelegtem Silberblech ausgeführt werden, da Messing sich zu rasch oxydirt und eine galvanisch aufgetragene Versilberung nicht hinreichend dauerhaft ist.

29. Zeichnen, Malen, Drucken, Photographiren.

Zeichnungen als Bestandtheile von Apparaten kommen nur selten vor. Immerhin sind einige Kenntnisse über die technische Ausführung einer Zeichnung unentbehrlich, einerseits um den Plan des herzustellenden Apparates in befriedigender Weise ausführen zu können, andererseits um ein etwa zur Veröffentlichung oder zur Demonstration bestimmtes Bild der Apparate abnehmen zu können.

Das erste Erfordernis zur Herstellung einer genauen Zeichnung ist ein gutes Zeichenbrett (Reißbrett). Dasselbe muss aus weichem, astfreiem Apfel- oder Birnbaumholz verfertigt und genau rechtwinkelig und möglichst vollkommen eben, jedenfalls nicht vertieft gehobelt sein. Die Befestigung des Papiers geschieht entweder einfach durch Reißnägel, oder wenn, wie beim Tuschen, Auftragen nasser Farben und besondere Exaktheit aller Linien verlangt wird, durch Ankleben längs der Ränder, nachdem man zuvor die Rückseite mittels eines Schwammes benetzt hat.

Bezüglich der Auswahl des Papiers sehe man besonders darauf, dass dasselbe nicht wasserfleckig ist und durch Radiren nicht allzusehr angegriffen wird.

Die Reißschiene muss durchaus geradlinig und vollkommen rechtwinklig sein, was sich beides dadurch erkennen lässt, dass man mittels derselben eine Linie zieht und dicht neben diese dann nach dem Umwenden der Schiene mit der gleichen Kante eine zweite. Die Linien sollen natürlich bei richtiger Beschaffenheit der Reißschiene allenthalben gleich weit von einander abstehen.

Aehnlich prüft man die Richtigkeit des Dreiecks (Winkels). Man legt es von der linken Seite dicht an die Reißschiene an und zieht eine Linie, sodann schlägt man es in derselben Weise von der rechten Seite an bis dicht zu der eben gezogenen Linie und zieht nun eine zweite. Ist das Dreieck genau, so müssen dieselben durchaus zusammenfallen. Gewöhnlich gebraucht man zwei Dreiecke, ein gleichschenkliges

(mit 2 Winkeln von 45°) und eines mit einem sehr langen und einem kurzen Schenkel.

Ganz besondere Aufmerksamkeit erfordert der Ankauf eines Reißzeugs. Man nehme die beste zu erhaltende Qualität und lasse sich nicht durch die oft auch geringeren Sorten beigegebene Menge von Nebentheilen irreführen. Dieselben sind meist unnöthig, während in erster Linie eine gute Beschaffenheit der Spitzen des Zirkels und sorgfältige Ausarbeitung seines Gelenkes erforderlich sind, nicht minder auch eine möglichst zweckmäßige Form der Spitzen der Reißfeder, die gleich hoch sein müssen, und weder zu scharf noch zu breit, weder zu sehr gekrümmt noch allzu flach sein dürfen.

Die erste Arbeit einer Zeichnung ist die Anlage derselben, erst nur ganz schwach provisorisch mittels eines weichen Bleistifts, dann definitiv mittels eines harten, welcher zweckmäßig des Ausziehens feiner Linien halber nicht conisch, sondern meißelartig zugeschärft wird.

Den Zirkel halte man stets am Gelenke und nach der Richtung des Ausziehens schwach geneigt, und vermeide ein zu starkes Eindringen der Spitze. Sind viele concentrische Kreise zu ziehen, so lege man aus diesem Grunde unter die Spitze ein dünnes, zweckmäßig mit drei eingenieteten Stahlstiftchen versehenes Stückchen Horn. Beim Abmessen entferne man die Schenkel erst weiter als nöthig, und drücke sie erst dann auf die rechte Oeffnung zusammen. Um die Zeichnung reinlich zu erhalten, lege man unter die zeichnende Hand ein Stück Seidenpapier. Dasselbe sei so durchsichtig, dass man noch nicht ganz bestimmt geplante Details, an die bereits gezogenen Linien anschließend, darauf probirend vorzeichnen und dadurch die eigentliche Zeichnung durch Vermeidung vielen Radirens möglichst schützen kann. Sind alle entdeckten Fehler corrigirt, somit die Anlage definitiv beendigt, so wird das ganze Papier so lange mit weichem Radirgummi überwischt, bis sämmtliche Bleistiftstriche bis auf schwache Spuren beseitigt sind, und nun erst die eigentliche Ausführung der Zeichnung mit Tusche und Reißfeder begonnen. Man schraube dabei die Spitzen weder zu sehr zusammen, noch zu weit auseinander, halte die Reißfeder immer nach der Richtung der auszuziehenden Linien schief, und probire stets zuvor auf einem Probeblättchen, ob die Tusche auch recht fließe, und weder zu dick noch zu dünn ist. Sollte die Tusche nicht sofort fließen, so kann man dies durch Neigen der Reißfeder gewöhnlich leicht hervorrufen. Niemals ziehe man eine Linie durch eine andere noch nasse quer hindurch, oder lasse gar mehrere Linien in einem Punkte sich schneiden. Sollte durchaus eine sehr breite Linie erforderlich sein, so ziehe man lieber statt dessen mehrere dünnere dicht nebeneinander, so dass sie zu einer einzigen dicken zusammenfließen, denn allzuweites Auseinanderschrauben

der Spitzen entzieht der Flüssigkeit ihren Halt und veranlasst deren Abtropfen. Aus gleichem Grunde fülle man die Feder nicht zu sehr an und besorge die Füllung mittels eines Pinsels. Flecke lassen sich zwar mit hartem Gummi oder Messer wieder radiren und durch Ueberreiben mittels eines Falzbeins unter Zwischenlegung von glattem Papier glätten, doch fallen solche Stellen in der vollendeten Zeichnung immer auf und nehmen Tusche und Farbe nicht mehr gut an.

Die Tusche sei von guter Sorte, nach Moschus riechend und auf dem Bruche metallisch glänzend. Gebrauchte, eingetrocknete und wieder aufgeweichte Tusche ist nicht mehr zu verwenden. Von flüssigen Tuschen ist zu empfehlen die »Liquid Chinese ink« von E. Wolff & Son.

Die Reißfeder werde stets von Zeit zu Zeit durch Hindurchziehen eines steifen Papiers gereinigt, da sich leicht durch Verdunsten die Spitze mit Tusche verstopft, und niemals lasse man Tusche in der Feder völlig eintrocknen.

Zum sogenannten Tuschen bedient man sich zweier, an einem Stiel befestigter, nicht zu kleiner Pinsel, von welchen der eine zum Auftragen, der andere zum Verwaschen dient. Die ersten Lagen müssen mit sehr blasser Farbe aufgetragen und die Tiefe der Tusche zunächst einfach durch Wiederholung des Auftragens erzeugt werden, erst von einem gewissen, ziemlich dunkeln Ton an ist die Anwendung dicker Farbe von Vortheil. Das Verwaschen muss möglichst rasch geschehen, jedenfalls immer ehe die aufgetragene Tuschlage eingetrocknet ist.

Bezüglich der Schattirung achte man darauf, dass alle Theile gleichmäßig beleuchtet erscheinen, entferntere beleuchtete Theile etwas dunkler gehalten werden als näher stehende, dunkle dagegen heller als die näheren; die Spitze einer Pyramide etwas dunkler als die Basis. Ein schief beleuchteter Cylinder zeigt einen sehr hellen und etwa symmetrisch dazu einen sehr dunkeln Streifen, analog eine Kugel einen sehr hellen und einen sehr dunkeln Fleck. Aehnlich wie Tusche werden auch andere Farben aufgetragen, jedenfalls warte man auch bei solchen mit jedem neuen Anstrich, bis der vorausgehende trocken geworden.

Das Coloriren der Zeichnung findet gewöhnlich mit folgenden Farben statt:

Mauerwerk in Backstein:	Carmin hell.
Mauerwerk in Haustein;	Carmin dunkel oder Sepia.
Holzwerk in Längsansicht:	Terra siena ungebrannt.
Hirn- und Hartholz:	» » gebrannt.
Erde:	Umbrabraun.
Bronze und Messing:	Cadmium und Gummigut.
Gusseisen:	Neutraltinte.
Schmiedeeisen:	Indigo.
Stahl:	Indigo mit etwas Carmin.

In nicht colorirten Zeichnungen pflegt man durch Schraffiren oder Punktiren mittels der Zeichenfeder Unterscheidungen der Materialien darzustellen. So wird Holz durch Andeutung der Fasern, Jahresringe und Sprünge, Metall durch schiefe Schraffirung, Flüssigkeit durch horizontale, Glas durch Flecke, Kork, Kitt und dergl. durch feine Punktirung u. s. w. ausgezeichnet. Nebentheile, die nicht zum eigentlichen Apparat gehören, werden gewöhnlich anstatt mit Tusche blau ausgezogen, Maßlinien roth punktirt und an den Enden, um diese scharf zu fixiren, mit schwarzen Häkchen versehen.

Verbraucht man größere Mengen an Farbe, etwa zur Herstellung großer, zur Demonstration bestimmter Zeichnungen, so empfehlen sich die in teigigem Zustande in sogenannten Tuben zu erhaltenden Aquarellfarben, da bei diesen der Zeitaufwand für das Anreiben fortfällt.

In neuerer Zeit ist von Günzberg eine eigenthümliche Tuschirmethode erfunden worden, welche sich besonders dazu eignet, bei größeren Zeichnungen allmählige und gleichmäßige Uebergänge von hell und dunkel, oder von einer Farbe in die andere herzustellen. Die Methode erinnert an den Gebrauch des »Wischers«, mit welchem bei Bleistiftzeichnungen sanft wechselnde Schattirungen hergestellt werden. Die Farben sind besonders präparirt, und ähnlich wie Aquarellfarben in kleinen Tuben zu beziehen (bei Günzberg, Berlin SW., Belle-Alliancestraße 71), das Verwischen geschieht mit Hülfe weicher Borstenpinsel, welche so gefasst sind, dass die Länge der Borsten je nach der herzustellenden Intensität der Farbe regulirt werden kann. Um scharfe Contouren herzustellen, schützt man die Stellen, welche nicht mit Farbe zu bedecken sind, durch Schablonen (aus Papier ausgeschnittene Curvenlineale), oder man legt nach dem Tuschiren auf die bemalten Theile eine solche Schablone auf und radirt die über die Ränder übergetretene Farbe mit weichem Brod wieder ab. Die Methode gestattet auch, auf dunklem Grunde helle Zeichnungen auszusparen. Man führt nämlich solche Zeichnungen zunächst mit schwachem Gummiwasser aus, bedeckt dann nach dem Trocknen alles gleichmäßig mit Farbe, und wäscht schließlich mit Wasser ab. Da die Farben sich in Wasser nicht lösen und fest am Papier haften, so verschwinden sie nur an den Stellen, an welchen die in Wasser lösliche Gummischicht aufgetragen war.

Zuweilen ist es erforderlich (z. B. für Projektion), Bilder auf Glas zu malen. Als Unterlage für solche dient eine Staffelei, bestehend aus einem schräg gegen das Licht gestellten Rahmen, hinter welchem eine weiße Papierfläche angebracht wird. Die Glasplatte wird zunächst mit einer dünnen Schicht von Mastixfirnis bestrichen, dann zweckmäßig mit einer schwachen Lösung von Ochsengalle übergangen und gut getrocknet. Zum Vorzeichnen der Conturen dient ein Specksteinstift. Die Farben,

durchscheinende Aquarellfarben (in Tuben zu beziehen bei Liesegang, Düsseldorf, Cavalleriestraße 6 und 13), werden mittels sehr feiner Pinsel aufgetragen. Ist eine Farblage vollendet, so wird gefirnist, die zweite Lage aufgetragen, abermals gefirnist, endlich die dritte und letzte Farbe und Firnisschicht aufgelegt.

Eigentliche Glasfarben dürften nur selten gebraucht werden, allenfalls um auf geblasenen Glasgegenständen haltbare Marken anzubringen und dergl., die in das Glas eingeschmolzen werden und aus leicht schmelzbarem, feingepulverten, farbigen Glas mit Terpentin bestehen.

Sehr wichtig für physikalische Arbeiten erscheint die Photographie, zumal nach den sehr wesentlichen Verbesserungen und Vereinfachungen, welche sie in der neuesten Zeit erfahren hat. Die photographische Camera (Fig. 249) besteht aus einem mit Blasebalgauszug versehenen

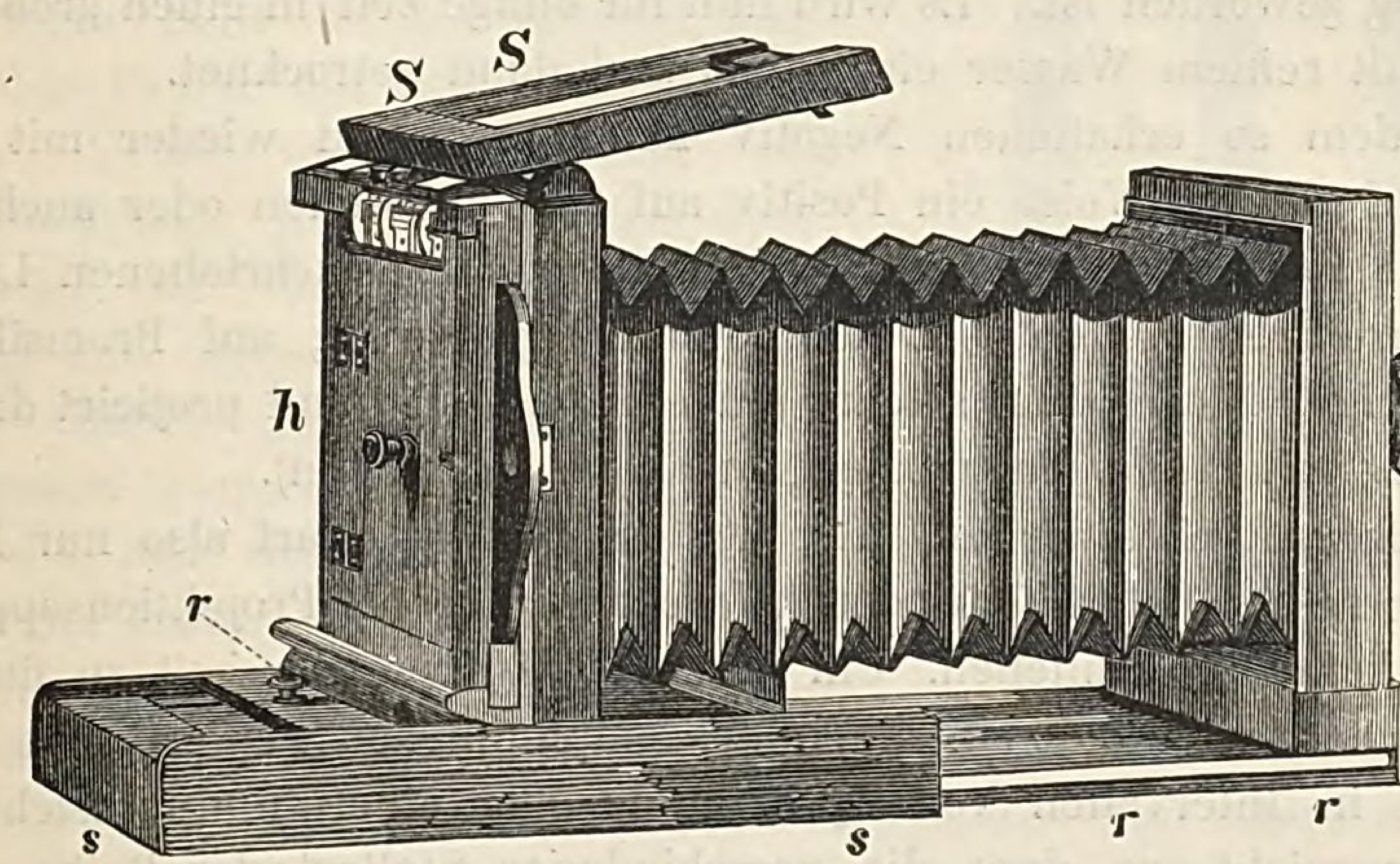


Fig. 249.

hölzernen Kasten, der am einen Ende das Objektiv *O* trägt, an der gegenüberliegenden Seite die um ein Charnier drehbare Visirscheibe *S* aufnehmen kann, um das Bild zunächst scharf einzustellen, oder, nachdem diese aufgeklappt ist, die Kasette *h*, welche die empfindliche Platte enthält und durch einen Schieber verschlossen ist. Soll die Lichtwirkung beginnen, so zieht man diesen Schieber heraus, öffnet den Deckel des Objektivs, wartet die der herrschenden Lichtintensität und der angewandten Blendung (Diaphragma mit enger Oeffnung im Objektiv) entsprechende Expositionszeit (etwa 1—10 Sekunden) ab, schließt hierauf erst den Objektivdeckel und dann den Schieber der Kasette.

Die empfindlichen Platten (Bromsilbergelatinetrockenplatten) bezieht man fertig im Handel. Beim Einbringen der Platte in die Kasette öffne man die Schachtel, welche die Platten enthält, in einem nur durch eine rothe Laterne schwach erleuchteten Dunkelzimmer, lege die Platte mit

der belegten Seite nach unten in die Kasette, schließe den Deckel und schiebe die Riegel vor. Nach beendigter Exposition öffne man die Kasette wieder im Dunkelzimmer, lege die Platte mit der empfindlichen Seite nach oben in eine flache Porcellanschale, übergieße etwa $1/2$ cm hoch mit einer Flüssigkeit (Entwickler), welche kurz zuvor gemischt wurde aus 3 vol. Lösung von neutralem oxalsaurem Kali (30 g in 100 ccm Wasser) und 1 vol. einer Lösung von reinem Eisenvitriol (30 g in 100 Wasser). Nun schaukle man die Schale einige Minuten lang hin und her, bis das Bild auf der nicht belegten Seite in undeutlichen Umrissen erkennbar wird, wasche mit reinem Wasser ab und lege schließlich die Platte in eine andere Porcellanschale, welche eine Lösung von 10—15 Theilen unterschwefligsaurem Natron auf 100 Wasser enthält. Nach wenigen Minuten ist das Bild fixirt, wie daran zu erkennen ist, dass es durchsichtig geworden ist. Es wird nun für einige Zeit in einen größeren Behälter mit reinem Wasser eingestellt und dann getrocknet.

Von dem so erhaltenen Negativ kann man nun wieder mit der Camera auf gleiche Weise ein Positiv auf Glas herstellen oder auch ein Positiv auf Papier nach einem der im Folgenden beschriebenen Lichtpausverfahren, oder eventuell auch eine Vergrößerung auf Bromsilbergelatinepapier. Man spannt solches auf ein Reißbrett und projicirt darauf das Negativ mit Hülfe einer Laterna magica (Skioptikon).

Das Bromsilberpapier ist sehr lichtempfindlich, darf also nur beim Schein der rothen Laterne ausgepackt werden und der Projektionsapparat muss gut lichtdicht schließen. Um die nöthige Expositionszeit zu finden, exponirt man zuerst einen Streifen des empfindlichen Papiers, den man ruckweise in Intervallen von $1/2$ Sekunde aus einer undurchsichtigen Hülle hervorzieht, so dass die verschiedenen Stellen der Reihe nach verschieden lange exponirt waren. Bei der Entwicklung und Fixirung desselben ergibt sich dann ohne weiteres, welche Zeitdauer die günstigste war. Zum Entwickeln dient ein Gemenge von folgenden Lösungen: I. 30 auf 100 neutrales oxalsaures Kali, II. 30 auf 100 Eisenvitriol, III. 50 auf 100 Zitronensäure. Man mischt die Lösungen so, dass auf 3 vol. von I. 1 vol. von II. und 0,2 von III. kommen. Zum Fixiren dient zuerst eine Mischung von 200 unterschwefligsaurem Natron in 800 Wasser und 20 Alaun in 200 Wasser. Nach $1/4$ Stunde legt man das Papier in ein Bad von 200 unterschwefligsaurem Natron in 1000 Wasser und nach Auswaschen in Wasser $1/4$ Stunde lang in eine Lösung von 100 Alaun in 1000 Wasser, schließlich 3—4 Stunden lang in langsam fließendes Wasser.

Das eben erwähnte Bromsilberpapier kann auch dazu dienen, unmittelbar von Negativen Papierpositive in gleicher Größe zu erhalten, da man nur nöthig hat, dasselbe mit der empfindlichen Seite an die

Bildseite des Negativs anzudrücken und kurze Zeit zu belichten. Gewöhnlich werden solche Copien indess auf Chlorsilberpapier angefertigt, welches ebenfalls fertig präparirt im Handel bezogen werden kann (z. B. bei Romain Talbot, Berlin N., Auguststraße 68). Die Exposition dauert für dieses ungleich länger. Zum gleichmäßigen Andrücken an das Negativ dient ein besonderer, mit Glasscheibe (*B*) und Federn (*a*, *a*) versehener Rahmen, der Copirrahmen (Fig. 250). Derselbe ist so eingerichtet, dass die eine Hälfte der Deckplatte (*HI*) aufgeklappt werden kann, um nachzusehen, wie weit der Copirprozess vorgeschritten ist, ohne das Papier im mindesten gegen das Negativ zu verschieben. Beim Gebrauche lege man zuerst das Negativ mit der unbelegten Seite auf die Glastafel, hierauf das Papier mit der empfindlichen Seite, ferner den Pressbausch und die Deckplatte, drücke die Bügel über, befestige sie durch Vorschieben der Riegel und stelle den Rahmen an eine helle Stelle. Ist das Bild intensiv rothbraun geworden, so wasche man in 3—4 mal erneuertem Wasser aus, fixire mit Lösung von 15 unterschwefligsaurem Natron in 100 Wasser und wasche schließlich sehr lange in fließendem Wasser.

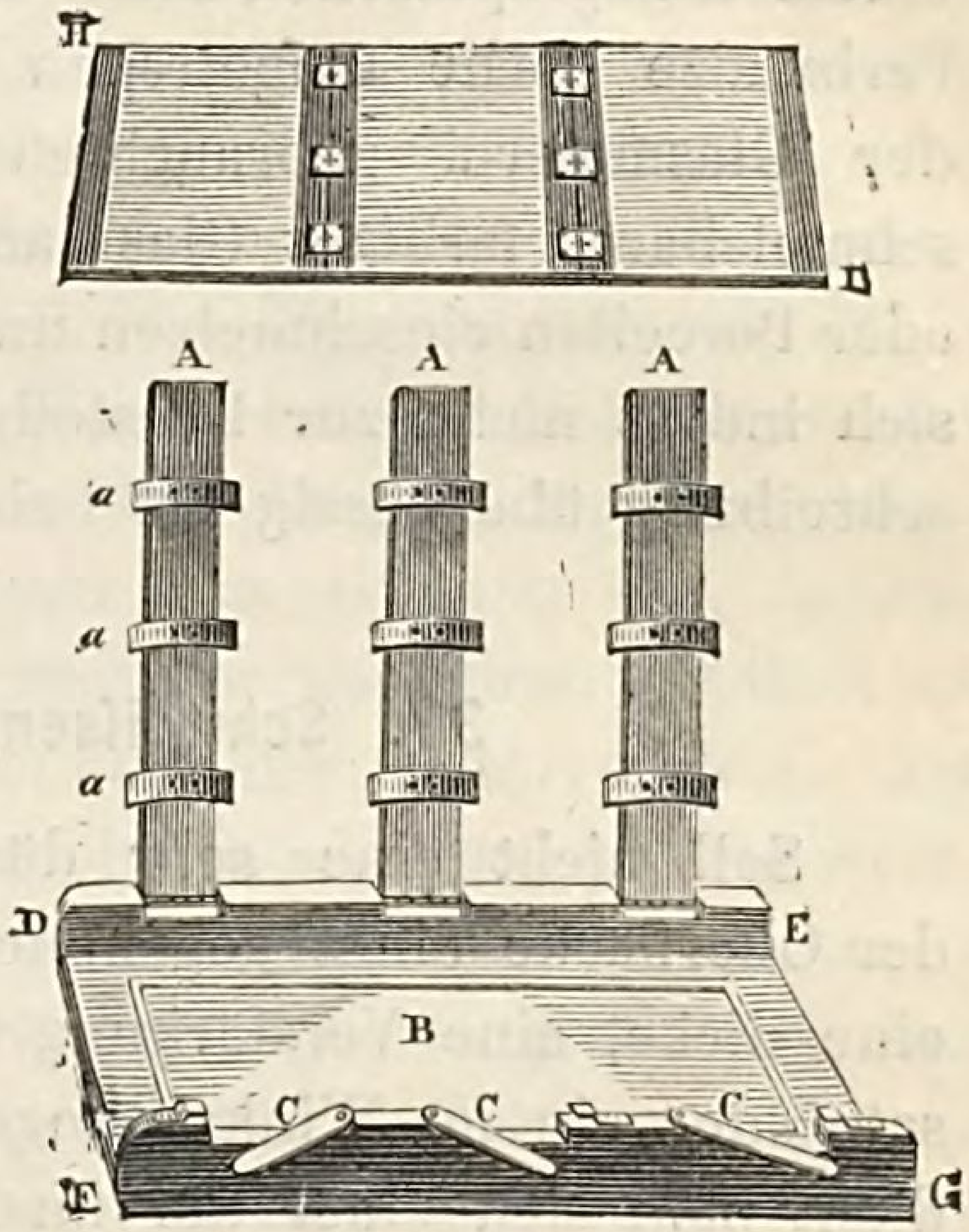


Fig. 250.

Soll das Positiv einen angenehmen violetten Ton erhalten, so lässt man es dunkler werden, als es eigentlich sein sollte, und taucht es dann vor dem Fixiren in eine stets neu herzustellende Mischung von 3 vol. Goldchloridlösung (1 in 50 Wasser), 3 vol. doppeltkohlensaurer Natronlösung (1 in 50 Wasser) und 200 vol. Wasser. Sobald das Bild den gewünschten Farbenton angenommen hat, wird es abgewaschen und wie gewöhnlich fixirt.

Statt eines photographisch hergestellten Negativs kann auch eine auf Pauspapier ausgeführte Zeichnung als Negativ dienen. Gewöhnlich benutzt man indessen zum Pausen solcher Zeichnungen das billigere Eisenverfahren. Das präparirte Eisenpapier (ebenfalls bei Talbot zu haben) wird nach der Exposition im Copirrahmen einfach in Wasser ausgewaschen, worauf die Zeichnung sofort weiß auf blauem Grunde erscheint.

Schwieriger ist die Herstellung von Copien mit Pigmentpapier (gleichfalls im Handel zu beziehen), welches mit einer Mischung von Gelatine und Farbstoffen, z. B. Kohle, bestrichen ist und dadurch empfindlich

gemacht wird, dass man es 1—2 Minuten auf einer Lösung von Kalibichromat (10 in 250 Wasser) schwimmen lässt und dann im Dunkeln trocknet. Die vom Licht getroffenen Stellen werden unlöslich, so dass nach dem Abspülen mit warmem Wasser (40° C.) das Bild alsbald in der angewandten Farbe sichtbar wird.

Eine mit solcher Chromgelatine überzogene Glasplatte hat ferner noch die Eigenschaft, an den belichteten Stellen Druckerschwärze anzunehmen, an den übrigen dagegen abzustoßen, so dass man wie mit einem lithographischen Stein damit drucken kann, nachdem mittels einer Farbwalze Farbe aufgetragen ist (Lichtdruck). Man kann auch die in der Glasmalerei gebrauchten Schmelzfarben (fein gepulvertes, leicht schmelzbares farbiges Glas) anwenden und dann diese Bilder auf Glas- oder Porcellan einschmelzen und dergl. Alle diese Druckverfahren eignen sich indess nicht zur Herstellung im kleinen, weshalb eine nähere Beschreibung überflüssig erscheint.

30. Schweifsen, Glas- und Kautschuklöthen.

Soll nicht eine sehr dünne Schicht einer fremden Substanz auf der Oberfläche eines gegebenen Arbeitsstückes befestigt werden, sondern eine dicke, eine Verstärkung oder Verlängerung, ein vorragender Fortsatz oder ein im Winkel angesetztes zweites Stück und dergl., so bedient man sich einer der im Folgenden angegebenen Methoden.

Das Schweißen findet Anwendung bei Gegenständen aus Schmiedeeisen und Stahl, seltener bei Kupfer und Platin. In gewissem Sinne ist ein Schweißen auch möglich bei oberflächlich geschmolzenem Blei, bei plastischem Glas, bei Kautschuk, Guttapercha und Horn, doch nennt man die Operation in den letzteren Fällen nicht mehr Schweißen, sondern Löthen, obschon sie rein auf der Wirkung der Adhäsion der zu vereinigenden Stücke beruht und nicht wie das eigentliche Löthen eine Bindesubstanz, »Loth« genannt, erfordert.

Das Schweißen von Eisen kann nur bei Weißglühhitze geschehen. Man erhitzt in der Schmiedeesse und zwar in sehr reinem Feuer, d. h. wenn die Kohlen bereits in voller Gluth sind, also die theer- und schwefelhaltigen, beim Aufbringen frischer Kohlen als gelbgrauer Qualm entweichenden Destillationsprodukte sich völlig verflüchtigt haben. Auch Kupfer und andere fremde Metalle, die zuweilen, von früheren Arbeiten im Feuer der Schmiedeesse herrührend, als Verunreinigung vorhanden sind, müssen sorgfältig beseitigt werden, da sie das Schweißen unmöglich machen. Man legt das Eisen derart ein, dass man den erhitzten Theil beobachten und Schweißpulver aufstreuen kann. Letzteres hat den Zweck, das Eisen vor Oxydation zu schützen, indem es zu einem

Glase schmilzt und die Oberfläche dicht umhüllt. Gewöhnlich nimmt man Borax, Lehm, Sand oder Glaspulver. Für Stahl mischt man 41,5 Borsäure, 35 trockenes Kochsalz, 15,5 gelbes Blutlaugensalz, 8 entwässerte Soda, oder Borax, Blutlaugensalz, Salmiak und Colophonium. Zum Schweißen von Eisen und Stahl: 35,6 Borsäure, 30,1 trockenes Kochsalz, 26,7 Blutlaugensalz, 7,6 Colophonium.

Den richtigen Hitzegrad erkennt man daran, dass das Eisen schweißt (schwitzt), d. h. dass die Oberfläche von einer sich nach allen Seiten und durcheinander bewegenden Flüssigkeit bedeckt erscheint und kleine Fünkchen von verbrennenden Eisentheilchen aussprüht. Man nimmt dann die Gegenstände rasch aus dem Feuer, legt die zu schweißenden Flächen aufeinander und gibt erst schwache, dann stärkere Schläge. Dabei ist Sorge zu tragen, dass die in der Schweißfuge enthaltene dünnflüssige Schlacke vollständig durch die Schläge herausgequetscht werde. Man beginnt deshalb mit Hämmern an der vom Ausgang der Fuge entferntesten Stelle und schreitet rasch gegen den Ausgang zu. Zweckmäßig ist es auch, die Flächen etwas convex zu gestalten, so dass sie sich anfänglich nur in der Mitte berühren und erst später auch an den Rändern. Aus gleichem Grunde werden die Stücke an der Schweißstelle breiter hergestellt als sie eigentlich sein sollen, d. h. gestaucht und abgeschrägt, so dass die Berührungsfläche möglichst groß wird und wenigstens in der Mitte tadellose Schweißung stattfindet. Ob die Schweißung gut gelungen ist, zeigt sich beim Abfeilen, insofern dann keine tiefergehende Schweißnaht sichtbar sein soll.

Bei kleinen und dünnen Gegenständen ist es oft nicht möglich, rasch genug die zu schweißenden Flächen aufeinander zu legen, so dass sie zum Schweißen nicht mehr heiß genug wären. Man befestigt sie deshalb schon vor der Schweißung lose aufeinander, indem man das eine Stück mit Zähnen, Vorsprüngen und dergl. versieht und diese in das andere ein- oder anhämmert (oder annietet), so dass genügender Zusammenhang eintritt, um beide Stücke mit einander erhitzen und aus dem Feuer herausnehmen zu können.

Stahl darf nicht über Hellrothglühhitze erhitzt werden und beim Zusammenschweißen mit Eisen muss das Eisen heißer, d. h. weißglühend sein. Auch Kupfer darf nur hellroth gemacht werden, da es in der Gluth leicht zu weich wird und schließlich schmilzt.

Das Schweißen edler Metalle erfordert kein Schweißpulver und sehr feines Goldpulver kann schon durch Drücken mit einem heißen Stahl zu einer zusammenhängenden Masse verdichtet werden.

Bleiplatten werden bei Herstellung größerer Gefäße (z. B. für Schwefelsäurefabrikation) mittels des Wasserstoffgebläses an den zu vereinigenden Kanten verschmolzen, verlöthet. Die Arbeit erfordert, wenn sie sauber

ausgeführt werden soll, große Vorsicht und viel Uebung. Wo dies unnöthig ist, könnte man die zu verlöthenden Ränder zusammen aufbiegen, so dass sie mit breiter Fläche aneinander liegen, damit, falls einmal zuviel abschmilzt, dennoch Berührung stattfindet. In andern, minder einfachen Fällen verfährt man wie beim Gießen, d. h. man bringt die Theile in eine entsprechende Form, welche das Abtropfen hindert. Verschmelzen von Platin erfordert ein Knallgasgebläse.

Auch einzelne Theile größerer Wachsfiguren werden ohne Bindemittel durch Verlöthen der Fugen verbunden, indem man ein heißes Eisen anhält, bis das Wachs schmilzt.

Knöpfe aus Blei, Zink und Messing an Eisenstäben werden zuweilen angegossen, nachdem der Eisenstab zuvor in richtiger Stellung in der Gießform befestigt war. Ebenso werden Schalen aus Weißmetall in Achsenlager eingegossen, ja in einzelnen Fällen können selbst zerbrochene Gussstücke durch Angießen des fehlenden Theils wieder reparirt werden. Für physikalische Arbeiten ist die Methode von geringer Bedeutung.

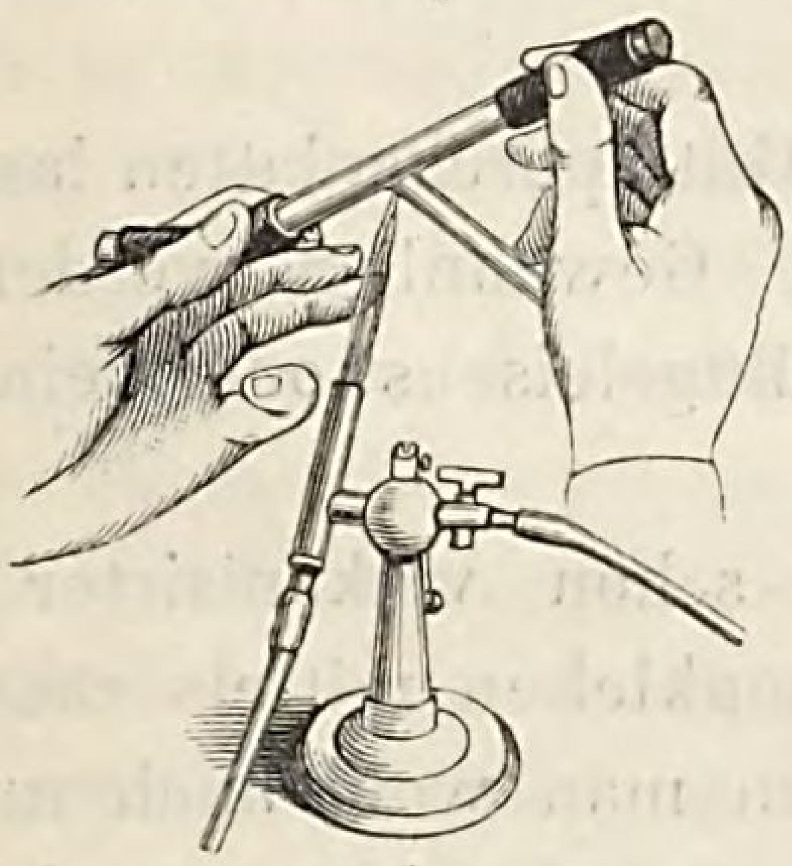
Weit wichtiger ist das Verlöthen von Glas. Werden zwei dünne Glasstücke an ihren Rändern zum Erweichen erhitzt und zusammengedrückt, so verschmelzen sie völlig mit einander, so dass sie nunmehr eine einzige Masse bilden. Soll die Verbindung beim Erkalten nicht springen, so muss man auch die umgebende Glasmasse zum Erweichen erhitzen und dann sehr langsam (eventuell in heißer Asche) abkühlen. Auf solche Weise kann z. B. eine Verlängerung an ein Rohr angelöthet werden, nachdem man die zu vereinigenden Stücke durch Ausziehen des weiteren zunächst auf gleichen Durchmesser gebracht hat. Durch wiederholtes Aufblasen und Zusammensinkenlassen der Vereinigungsstelle kann man dieselben völlig glätten, so dass die Fuge nicht mehr auffällt. Man erhitzt dabei nicht ringsum mit einem Mal, sondern fortschreitend immer nur eine kleine Stelle.

Ist das Rohr seitlich anzusetzen (Fig. 251), so wird zunächst durch Aufblasen die seitliche Oeffnung hergestellt und dann das Rohr wie eben beschrieben angesetzt. Schließlich erhitzt man insbesondere die dem Ansatz gegenüberliegende Rückseite des fortlaufenden Rohres bis zum Erweichen, da sonst schädliche Spannungen auftreten. Zweckmäßig verwendet man bei dieser Arbeit an Stelle des gewöhnlichen großen Gebläses das kleinere Gaslöthrohr, namentlich wenn die zu bearbeitenden Röhren eng sind.

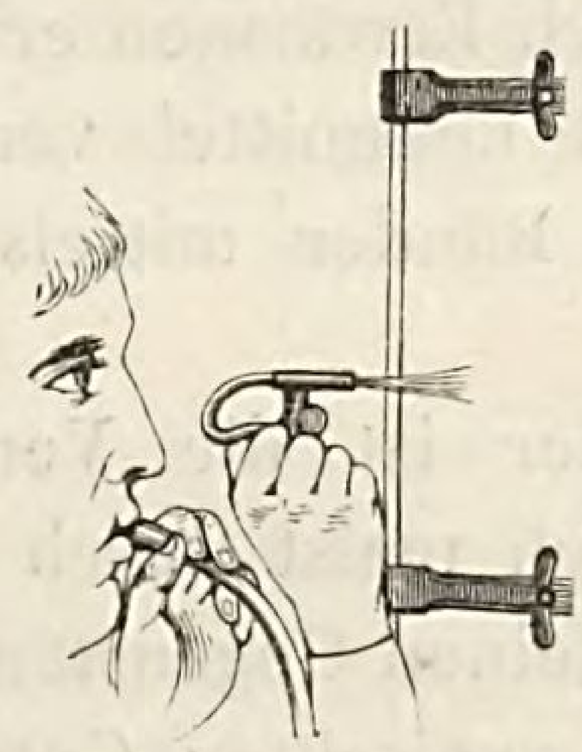
Sind dieselben sehr lang oder mit Apparaten verbunden, die sich nicht mitdrehen lassen, so verwendet man ein Löthrohr, welches keinen Fuß besitzt, sondern in der Hand gehalten und um die zu verlöthende Fuge herumgeführt wird. Die Luftzufuhr wird durch ein kleines Wassergebläse bewirkt, und um die gelöthete Stelle aufblasen zu können, wird

an das offene Ende der Rohrleitung oder an irgend einen offenen seitlichen Zweig ein Kautschukschlauch mit Mundstück angesetzt (Fig. 252).

Sollte die Fuge nicht gerathen sein und an einer Stelle noch eine Oeffnung haben, so verstopft man sie rasch, ohne abkühlen zu lassen, durch Aufbringen eines Glastropfens, indem man einen Glasfaden anhält, bis dessen Ende zu einem Tropfen geschmolzen ist, und ihn nun an die Oeffnung, welche immerfort im Glühen erhalten wird, andrückt. Sollte das eine Rohr überhaupt zu kurz sein, die Lücke aber doch nicht erheblich, so kann man das eine Rohr in ähnlicher Weise durch fortgesetztes Auftropfen von Glas verlängern, indem man den Glasfaden wie eine Siegellackstange handhabt, vorausgesetzt, dass der gleiche Zweck nicht einfacher dadurch zu erreichen ist, dass man die eine Rohrhälfte durch Ausziehen etwas verlängert. Auch zufällig entstandene Sprünge lassen sich bei vorsichtigem Erwärmen wieder zuschmelzen.



251



252

Fig. 251—252.

Schon gelöthete Glastheile, welche nur ein kurzes Ansatzstück haben (z. B. kurz abgeschnittene Glashähne), müssen durch Umgeben mit Glaserkitt gegen allzu starke Erhitzung geschützt werden.

Besondere Aufmerksamkeit muss man auch darauf richten, dass sich nicht an irgend einer entfernteren Stelle Condensationswasser ansammeln und beim Abkühlen der gelötheten Stelle auf diese zurückfließen kann. Ebenso unbedingt nöthig ist, dass die zu verlöthenden Glastheile aus der gleichen Sorte bestehen oder wenigstens gleichen Ausdehnungscoefficienten besitzen, da sonst auch beim vorsichtigsten Kühlen die Fuge schließlich wieder aufspringt.

Aehnlich wie Glas, indess schon ohne Erwärmung, können unvulkanisirte Kautschukplatten durch Zusammendrücken der (frischgeschnittenen) Ränder zu hohlen Gegenständen zusammengelöthet werden. In einer der früher beschriebenen Weisen kann man sie dann nachträglich vulkanisiren. Zur Herstellung von Kautschukschläuchen wird z. B. ein in entsprechender Breite zugeschnittener Kautschukstreifen über einen

langen Eisendraht (Dorn) oder ein eisernes Rohr gelegt und die Ränder zusammengedrückt.

Allerdings werden vielfach Schläuche auch ähnlich wie Bleiröhren gepresst, indem man die Masse mittels eines Kolbens durch die runde Oeffnung des Bodens in dem entsprechenden Cylinder herausquetscht. Der Kolben ist dabei mit einem durch die Oeffnung durchgehenden dünnen cylindrischen Fortsatz (Dorn) versehen, welcher die Höhlung im Schlauch ausspart. Durch Umwickeln von mit Kautschuklösung bestrichenen und getrockneten Leinwandstreifen kann man die Widerstandskraft derselben beträchtlich erhöhen.

Ein Kautschukballon wird aus passend geschnittenen Segmenten zusammengeklebt und an einer Stelle ein dicker Pfropf eingesetzt, der nicht vulkanisirt wird. Beim Füllen des Ballons wird derselbe durchstochen und die feine Spitze, welche das Gas zuführt, eingeschoben. Ist die Füllung beendet, so zieht man die Spitze wieder heraus und drückt die Oeffnung gleichzeitig zu.

Auch durch Erwärmen erweichte Guttaperchaplatten lassen sich leicht ohne weiteres Löthmittel vereinigen. Gewöhnlich werden nur die zu verbindenden Ränder mittels eines Bügeleisens oder einer Gasflamme erweicht.

Schwieriger ist die Verlöthung schon vulkanisirter Gegenstände. Man behilft sich meist durch Zusammenkleben mittels zäher Kautschuklösung. Bei kleinen Gegenständen kann man wohl auch unvulkanisirten, mit Schwefel gemischten Gummi (Stempelschneidergummi) einfügen und bis zum Vulkanisiren erhitzen. Um Hartgummi zu verlöthen, befeuchtet man die Schnittflächen mit Kautschuklösung, bestreut die Löthstelle mit feinem Hartgummipulver, schließt die beiden Theile in eine Form ein und presst sie unter gleichzeitiger Erhitzung stark zusammen.

Um Horn zu löthen, schrägt man die zu vereinigenden Ränder ab, stellt sie in heißen Alkohol oder Benzin, um jede Spur von Fett zu entfernen, legt sie nun zwischen zwei Holzplatten in eine heiße kupferne Löthzange oder erwärmt mittels eines Bügeleisens und setzt das Ganze gleichzeitig durch Einklemmen im Schraubstock einem starken Drucke aus. Die Löthzange darf dabei nur so heiß sein, dass dazwischengeklemmtes Papier gebräunt wird, ohne zu verbrennen.

31. Leimen, Kitten, Hart- und Weichlöthen, Galvanoplastisch-Löthen.

Die im Folgenden zu besprechenden Verbindungsweisen beruhen zwar ebenfalls auf der Wirkung der Adhäsion, erfordern aber Zwischenfügung einer bindenden Substanz wie Leim, Loth oder Kitt.

Schon das oben erwähnte Verbinden vulkanisirter Weich- und Hart-

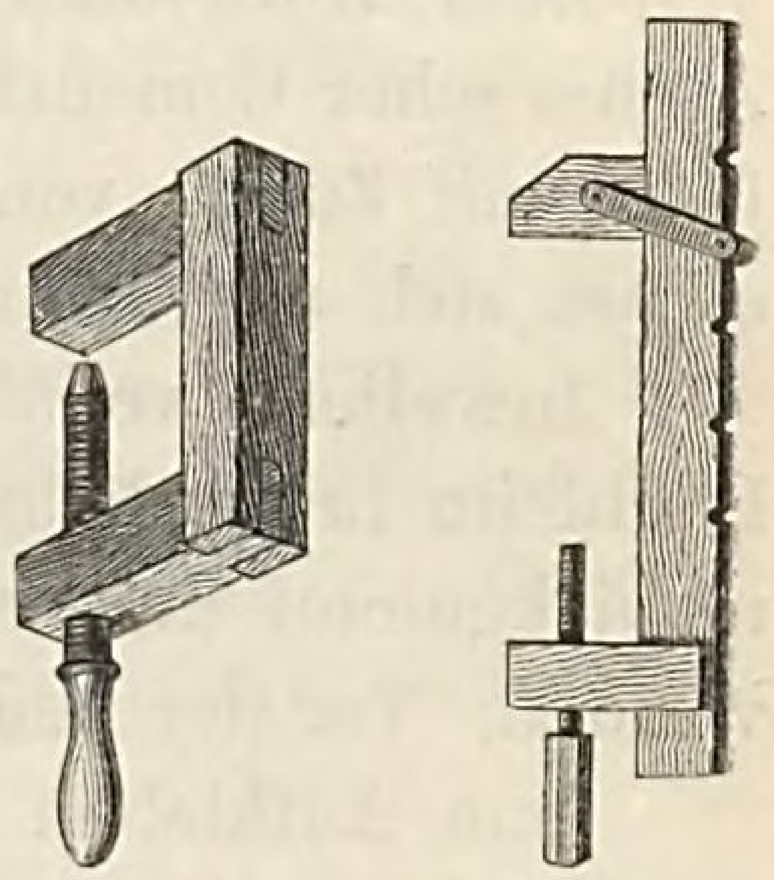
gummiwaaren würde zu dieser Gruppe zu rechnen sein. Ebenso kann Kautschuk oder Guttapercha mit Leder verbunden werden oder Leder mit Leder, indem man eine dicke Lösung von Kautschuk in Schwefelkohlenstoff oder Guttapercha in Benzol anwendet.

Zum Leimen von Elfenbein mischt man 1 Theil Leim mit einer Lösung von 2 Theilen Hausenblase in Spiritus und setzt ½ Theil gebrannten Kalk zu. Leim und Hausenblase müssen zuerst einen Tag lang im Wasser quellen.

Auch zum Leimen von Glas ist Hausenblase sehr geeignet. Für optische Gläser eignet sich besonders Kanadabalsam, welcher im erwärmten Zustande auf das gleichfalls erwärmte Glas aufgetragen wird. Um dabei Springen der Gläser zu verhüten, erhitzt man dieselben nicht direkt über der Flamme, sondern in einem Luftbad, und zwar sehr langsam.

Für chemische Apparate ist besonders Wasserglas geeignet. Soll z. B. ein Riss in einer Glasflasche verleimt werden, so erwärmt man die Flasche etwas, setzt einen luftdicht schließenden Stöpsel auf und bestreicht nun den Riss von außen mit dickflüssiger Wasserglaslösung. Durch die entstehende Differenz des inneren und äußeren Luftdrucks wird dieselbe in den Riss hineingedrückt.

Um Holz (und Kork) zu verbinden, wendet man Tischlerleim an. Soll die Verbindung eine dauerhafte sein, so muss der Leim mit hinreichender Sorgfalt behandelt werden. Man legt ihn zunächst etwa 12 Stunden lang in Wasser, so dass er zu sehr weicher zitternder Gallerte aufquillt. Nun erhitzt man diese Gallerte ohne Wasserzusatz, aber nicht über freiem Feuer, sondern in einem Wasserbade. Die Leimtöpfe sind daher zweitheilig construirt, der äußere größere Topf wird mit Wasser bis zu geeigneter Höhe gefüllt, der eingehängte innen mit dem Leim. Zuweilen ist auch der innere Topf in zwei Fächer getheilt, eines für starken Leim zum Verbinden kleinerer Flächen und eines für dünneren zum Verleimen breiter.



253 254

Fig. 253—254.

Der Leim muss warm aufgetragen werden, und zweckmäßig werden auch die zu verbindenden Flächen etwas vorgewärmt. Eine brauchbare Leimfuge muss sehr fein und kaum sichtbar sein. Man bringt deshalb die zu verbindenden Theile sofort nach dem Aufstreichen des Leims in eine Presse oder schraubt dieselben mit Hülfe von Schraubzwingen (Fig. 253), Schraubknechten (Fig. 254) und dergl. für einige Stunden fest zusammen. Patentschraubzwingen (Taf. XIII, Fig. 4) haben

den großen Vortheil, dass man die Schrauben ohne Zeitverlust sofort auf die richtige Weite einstellen kann.

Harte Hölzer werden vor dem Verleimen durch Bearbeiten mittels eines Zahnhobels, dessen Schneide nach Art einer feinen Säge mit Zähnen versehen ist, rauh gemacht.

Soll Holz mit Glas, Metall oder Stein verleimt werden, so mischt man feingesiebte Holzasche unter den Leim.

Sind geleimte Gegenstände der Nässe ausgesetzt, so kocht man starken Leim (8 Leim auf 32 Wasser) mit $4^1/_2$ Leinölfirnis und rührt die Mischung gut durch. Ist die Fuge leicht durchlässig, so verwendet man Chromatleim, d. h. Leim, der im Dunkeln mit doppeltchromsaurem Kali versetzt wurde. Beim Belichten nach dem Auftragen wird derselbe unlöslich.

Flüssigen Leim zum raschen Verkleben kleiner Gegenstände, für welche keine besondere Widerstandsfähigkeit verlangt wird, stellt man her durch Mischen von 3 Leim, 8 Wasser, $^1/_2$ Salzsäure und $^3/_4$ Zinkvitriol und mehrstündiges Erhitzen der Mischung auf etwa 70^0, oder auch aus Leim mit Essig, Alkohol und etwas Alaun.

Ein anderes bekanntes gutes Klebmittel für kleine Gegenstände ist arabischer Gummi in Wasser gelöst. Zum Herstellen von Gummipapier mischt man 16 Leim, 8 Kandiszucker, 3 arabischen Gummi und 32 Theile Wasser.

Zum Aufleimen von Papier und Tuch auf Metall dient entweder Ascher'scher Cementkitt, eine dickflüssige Schellacklösung in Alkohol, oder Leim mit Zusatz von $^1/_6$—$^1/_4$ venetianischem Terpentin. Der Cementkitt eignet sich auch zum Befestigen von Holz oder Elfenbein auf Metall.

Juweliere verwenden eine Lösung von in Wasser aufgeweichtem Fischleim in möglichst wenig Alkohol, welcher auf 60 Theile je 0,5 Ammoniakgummi und eine Lösung von 2 Mastix in 12 Alkohol zugesetzt werden. Vor der Benutzung wird im Wasserbad erwärmt.

Zum Aufkleben von Papier auf Holz, Pappe und dergl. dient vorzugsweise Stärkekleister. Stärke wird in einer Reibschale mit Wasser zu einem Brei zerrieben, derselbe verdünnt und dann unter fortwährendem Umrühren kurze Zeit gekocht. Bei Herstellung größerer Mengen kann man auch einfach siedendes Wasser in dünnem Strahl unter fortwährendem Rühren eingießen. Allzulanges Kochen ist, ebenso wie bei Leim, schädlich, indem es die Bindekraft vermindert. Zum Aufstreichen des Kleisters auf große Papierstücke (wie beim Tapezieren), verwendet man eine Bürste. Eine zweite trockene Bürste dient zum Andrücken und Glattstreichen des Papiers.

Um glattflächige Körper an einander zu befestigen, kann eine Mischung von 40 Stärke mit 320 Schlemmkreide und 2000 Wasser, der

250 gut gereinigte 20grädige Natronlauge beigemischt sind, verwendet werden.

Aehnliche Bedeutung wie das Leimen und Kleben bei Arbeiten in Holz und Papier hat das Weichlöthen bei Verarbeitung von Metall und insbesondere von Blech.

Kleine Gegenstände löthet man einfach über der Weingeist- oder nicht rußenden Gasflamme. Man benetzt die zu verlöthenden, gut blank geschabten Flächen mit Löthwasser, einer säurefreien (eventuell mit Ammoniak neutralisirten) Chlorzinklösung mit etwas Salmiak, erhitzt bis zum Schmelzpunkt des Zinns, betupft dann mit einem dünnen Zinnstängelchen, so dass sich die ganze Fläche mit Zinn überzieht, legt nun die beiden Stücke in der richtigen Weise auf einander und lässt sie, ohne im geringsten wieder etwas zu verschieben, bis zum Erstarren des Zinns abkühlen, was, wenn nöthig, durch Auftropfen von Wasser beschleunigt werden kann.

Ist es nicht möglich, die zu verbindenden Stücke in der richtigen Weise aneinander zu fügen, so verbindet man dieselben schon vor dem Erhitzen durch Umwickeln mit feinem Draht oder Einspannen in passende Klemmen und löst diese vorläufige Verbindung erst nach dem definitiven Verlöthen wieder ab.

Sehr feine zu verlöthende Drähte und dergl. Dinge, welche auch bei kleiner Flamme sofort schmelzen oder verbrennen, oder wie Platin sich mit Zinn legiren würden, löthet man in der Art, dass man sie nach dem Benetzen mit Löthwasser in einen auf dem platt geschlagenen Ende eines starken erhitzten Drahtes befindlichen Zinntropfen eintaucht.

Um dünnes Platinblech, welches durch schmelzendes Zinn angegriffen wird, auf eine Fläche aufzulöthen, verzinnt man dieselbe, bringt ein Stückchen Zinnfolie und Löthwasser, und schließlich das Platinblech auf, klemmt das Ganze in eine Zange, erhitzt die Zange selbst so weit, dass das Zinn zum Schmelzen kommt, und kühlt dann rasch ab.

Zum Löthen größerer Blechgegenstände dient der Löthkolben. Derselbe besteht aus einem flach oder spitz zugeschmiedeten Stück Kupfer, welches an einem mit Griff versehenen eisernen Stiel befestigt ist. Man erhitzt ihn über Holzkohlenfeuer oder in der Gasflamme bis nahe zum Glühen, wischt mit einem Lappen etwa anhängende Unreinigkeiten ab, reibt die Schneide (oder »Bahn«) auf einem genügend großen Salmiakklotz, indem man gleichzeitig etwas Zinn aufbringt, so dass sich dieselbe sofort vollkommen blank verzinnt, nimmt nun durch Antupfen an eine Lothstange einen Tropfen Loth auf und lässt denselben in die zuvor blank gemachte und mit Löthwasser gegen Oxydation geschützte Fuge einlaufen, während man gleichzeitig den Kolben längs der Fuge hinzieht, so dass das Zinn durch die Adhäsionskraft genöthigt ist,

ihm zu folgen. Reicht die Lothmenge nicht mehr aus, so nimmt man einen zweiten, dritten Tropfen auf u. s. f., bis der Kolben nicht mehr genügend heiß ist. Bei größeren Fugen hält man die Lothstange stets dicht vor dem Kolben (Fig. 255), um, wenn nöthig, sofort eine neue Quantität abschmelzen zu können.

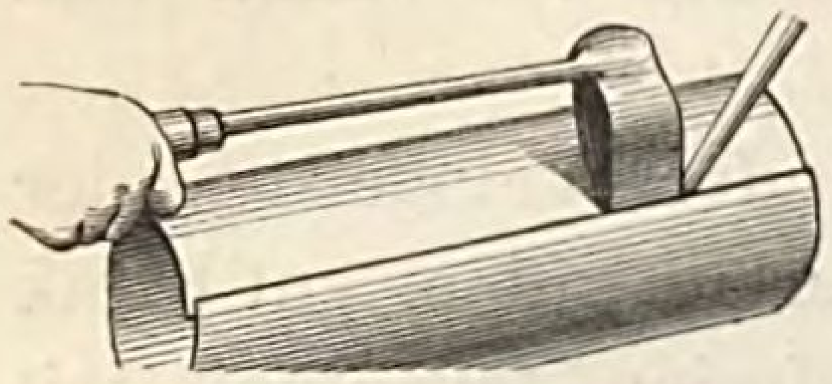


Fig. 255.

Gewöhnlich arbeitet man mit zwei Kolben, so dass nunmehr sofort der zweite zur Verfügung steht, während der erste wieder erhitzt wird. Wird ein Kolben zu stark erhitzt, so bildet die Verzinnung mit dem Kupfer der Schneide eine leichtflüssige Legirung, welche schmilzt und abtropft, so dass die Schneide schartig wird und wieder neu zugefeilt und verzinnt werden muss. Beim Löthen von Zinn darf der Kolben nur so heiß gemacht werden, dass das Loth kaum eben fließt, ähnlich auch bei Blei. Statt des Löthwassers verwendet man dabei Colophonium, Stearin oder Talg, oder auch sogenanntes Löthfett, ein Gemisch aus Colophonium, Talg und Salmiak.

Das Loth ist eine Legirung aus ungefähr gleichen Theilen Zinn und Blei. Durch Ausgießen auf eine Steinplatte unter gleichzeitiger Fortbewegung der Kelle formt man dasselbe in lange dünne Streifen, die, wenn nöthig, mit dem Hammer auf einem blanken Ambos noch dünner geschlagen und mit der Blechschere in feine Streifchen zerschnitten werden können.

Soll dünnes Blech an eine starke Platte angelöthet werden, so muss entweder ein sehr schwerer Löthkolben genommen werden, oder man muss gleichzeitig die dicke Platte bis nahe zum Schmelzpunkt des Lothes vorwärmen.

Sind an einem kleinen Stück nacheinander mehrere Löthungen auszuführen, so benutzt man immer leichter schmelzbare Verbindungen. So schmilzt eine Legirung von 4 Blei, 4 Zinn und 1 Wismuth weit leichter als gewöhnliches Loth, und diese selbst kann wieder gelöthet werden mit einer Mischung von 2 Blei, 2 Wismuth und 1 Zinn.

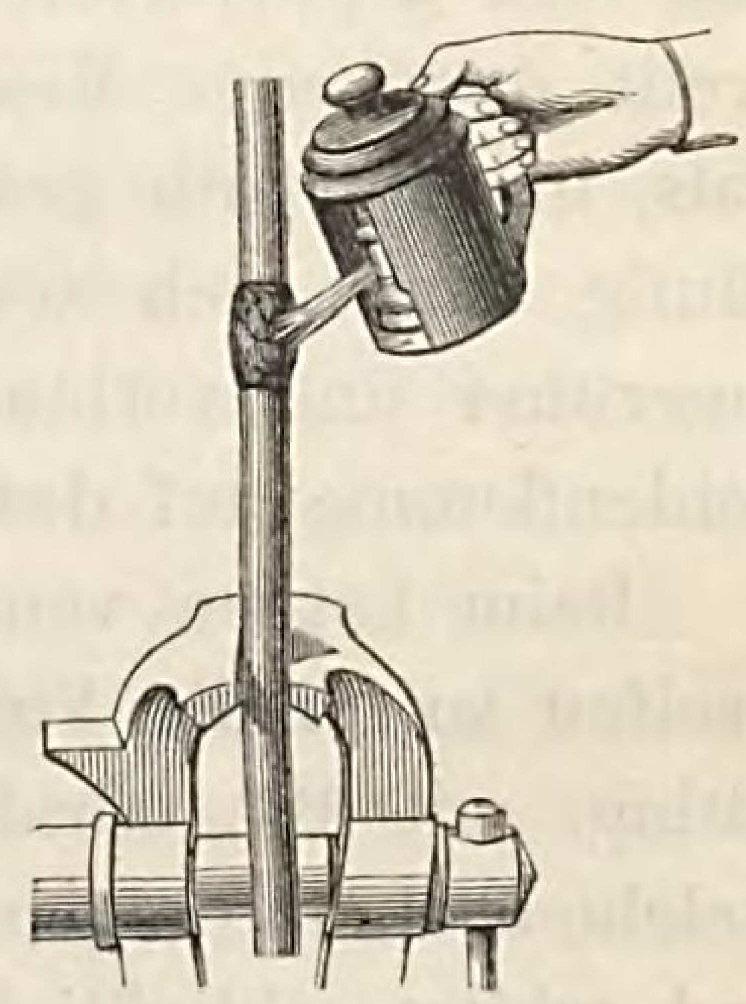
Für Arbeiten (z. B. Dachbedeckungen), bei welchen die Erhitzung des Kolbens mit Umständen verknüpft wäre, dienen Kolben, deren Stiel eine mit Naphta gespeiste Aeolipile enthält, deren Gebläseflamme direkt den Kolben trifft.

Für Arbeiten, welche rasch ausgeführt werden sollen, sind ähnliche Kolben im Gebrauch, bei welchen eine Gasflamme die nöthige Wärme liefert (Taf. XIX, Fig. 5), natürlich ist der Gebrauch derselben durch den anhängenden Schlauch einigermaßen beschränkt, während die vorerwähnten den Nachtheil haben, dass sie durch ihr beträchtliches Gewicht sehr ermüden.

Das Löthen von Bleiröhren wird fast ausschließlich mit der Löthlampe, Aeolipile, ausgeführt. Dieselbe besteht aus einem geschlossenen kupfernen Kesselchen, welches halb mit Weingeist gefüllt und durch eine kleine Weingeistlampe erwärmt wird. Der gebildete Weingeistdampf entweicht durch ein enges, nach unten gebogenes Rohr, welches ihn durch die Flamme der Weingeistlampe hindurch leitet, so dass er sich entzündet und eine lange, horizontale Flamme erzeugt. Vor der Gasgebläseflamme hat sie für den beabsichtigten Zweck den Vortheil, dass ihre Temperatur beträchtlich niedriger ist, also weniger Gefahr vorliegt, es könnte durch zu langes Anhalten der Flamme das Bleirohr schmelzen.

Die beiden zu verbindenden Rohrenden werden zunächst blank geschabt oder geraspelt, das eine etwas erweitert, so dass sich das andere einstecken lässt, nunmehr wieder angedrückt, und dann das Ganze in seiner Lage durch Unterstützen, Einklemmen und dergl. in vertikaler Stellung vorläufig befestigt.

Nun erwärmt man (Fig. 256) und bestreicht mit einem Stück Stearinkerze oder mit Colophonium, welches mit etwas Hanf zusammengeschmolzen wurde, bis angehaltenes Zinnloth schmilzt, häuft einen dicken Ring von Loth um das obere Rohrstück und verstreicht denselben mittels eines mit Talg gefetteten, mehrfach zusammengelegten Leinwandläppchens so, dass über der Fuge der Röhre ein dicker Wulst von Loth übrig bleibt. Durch zeitweises Erwärmen mit der Lampe muss dafür gesorgt werden, dass das Loth in teigigem Zustand bleibt, und durch Bestreichen mit Stearin oder Colophonium wird die Oberfläche oxydfrei und glatt erhalten. Zinnreiche Lothe oder reines Zinn sind unbrauchbar, da sie nicht hinreichend lange teigartig bleiben, sondern rasch schmelzen.


Fig. 256.

Auch für andere Arbeiten ist zuweilen ein derartiges Anhäufen von Loth zweckmäßig, z. B. zum Ausfüllen einer tiefen Löthfuge, einer unschönen Beule im Blech und dergl., wobei nachträglich die Stelle durch Ueberarbeiten mit Zinnfeile und Schaber völlig geglättet wird, und ganz besonders auch dann, wenn eine Löthfuge größere Festigkeit erhalten oder gegen chemische oder Witterungseinflüsse mehr geschützt werden soll.

Gegenstände aus starkem Blech, Drähte, Stäbe und Stücke von Eisen, Messing, Kupfer und edlen Metallen werden in der Regel hart gelöthet, wodurch nicht allein größere Festigkeit, sondern auch Widerstandsfähigkeit gegen starke Erhitzung erzielt wird. Allerdings ist die Arbeit meist mit mehr Umständen und Schwierigkeiten verknüpft als

das Weichlöthen, so dass bei feineren Instrumenten, welche keine hohe Temperatur aushalten sollen, immerhin auch bei solchen Metallen Zinnlöthungen häufig vorkommen.

Das Hartloth oder Schlagloth ist gewöhnlich eine Legirung von Kupfer und Zink (und auch Zinn). Man unterscheidet je nach dem Mengenverhältnis verschiedene Sorten, von welchen die gelben, kupferreicheren schwerer schmelzbar, die weißen, zink- und zinnreicheren leichter schmelzbar sind. Beim Löthen von Messing stellt man sich das Loth zweckmäßig selbst her, indem man Abfälle der gleichen Messingsorte mit Zink zusammenschmilzt und die Masse langsam in Wasser, welches mit einem Reiserbesen umgerührt wird, ausgießt. Durch Sieben werden die Körnchen in Bezug auf ihre Größe sortirt.

Sehr zweckmäßig, allerdings theuer, ist auch Silberloth, welches durch Dünnschlagen und Zerschneiden einer Silbermünze erhalten wird, und zum Verlöthen von Eisen dient gewöhnliches Messing oder Kupfer in Form von Draht oder Blechstreifen.

Vor dem Verlöthen werden die Stücke blank geschabt und vorläufig durch Zusammenfügen mittels Schwalbenschwanz, durch Nieten oder Anbinden mit weichem Eisendraht aneinander befestigt. Nun bringt man fein gepulverten entwässerten Borax auf und erhitzt zum Glühen, streut dann eine Mischung von Borax und Loth auf und erhitzt abermals, bis das Loth geschmolzen ist und sich in die Fuge eingezogen hat. Häufig wird auch wasserhaltiger Borax mit Wasser und Loth zu Brei angerührt und vorläufig durch Erhitzen auf einer Spiritus-, Gas- oder Kohlenflamme auf der Fuge eingetrocknet.

Beim Löthen von Eisen legt man die als Loth dienenden Kupferstreifen so an die Fuge, dass sie dicht anliegen, befestigt sie, wenn nöthig, mit Bindedraht, umhüllt nun das Ganze sorgfältig mit Lehm, welchem Hanf beigemischt ist, trocknet langsam an einem warmen Ort und erhitzt schließlich in der Schmiedeesse zum Glühen, bis sich grüne Flämmchen von verdampfendem Kupfer zeigen. Beim Löthen mit Messing, welches natürlich weniger Festigkeit bietet als das Kupfer, ist die Lehmumhüllung unnöthig, es genügt wie gewöhnlich Borax. Die Löthung ist beendet, sobald sich blaue Flämmchen von verbrennendem Zinkdampf zeigen.

Beim Löthen von Messing verwendet man Holzkohlenfeuer und erzeugt den Wind nicht mittels des Blasebalgs, sondern mit einer Art Fächer, Fugger genannt, so dass die Temperatur ganz langsam bis zum Schmelzpunkt des Loths steigt. Dann hört man sofort auf, Wind zu machen, zieht vorsichtig die Kohlen auseinander und nimmt den Gegenstand nach dem Erstarren des Lothes heraus.

Kleine Gegenstände, Drähte und dergl. löthet man am Glasblasetisch

mit der gewöhnlichen Gebläse- oder Löthrohrflamme. Reicht dieselbe nicht aus, so bildet man rings um den Gegenstand ein Gehäuse aus Holzkohlenstücken, aber so, dass die Löthstelle immer noch sichtbar bleibt. Die Kohlenstücke hindern die Verbreitung der Wärme und tragen durch ihre eigene Verbrennung noch zur Vermehrung derselben bei. Im Momente des Schmelzens muss die Löthstelle direkte intensive Hitze erhalten, während man zuvor mehr die benachbarten Stellen erwärmt.

Gold und Silber werden mit Hartloth gelöthet, welches im allgemeinen aus einer Mischung von Gold oder Silber mit Messing besteht.

Platin lässt sich mit 18karätigem Gold löthen; Aluminium mit einer Legirung von 70 Zink, 15 Kupfer, 15 Aluminium; Neusilber mit einer Mischung von 56 Neusilber und 44 Zink.

In der Regel erfolgt die eigentliche Ausarbeitung hartgelötheter Gegenstände durch Feilen, Drehen u. s. w. erst nach der Löthung, da durch die intensive Hitze die Oberfläche beschädigt werden kann.

Sind mehrere Löthungen nacheinander auszuführen, so verwendet man entweder immer leichter schmelzbare Lothe oder schützt die bereits fertigen Stellen durch Umhüllen mit Lehm.

Gegenstände, die keine Erhitzung aushalten dürfen, können mit Kupferamalgam kalt gelöthet werden. Man stellt durch Fällen von Kupfervitriollösung durch eingelegte Zinkstreifen feines Kupferpulver her und übergießt 20—36 Theile davon mit concentrirter Schwefelsäure und 70 Theilen Quecksilber, rührt um, wäscht aus und lässt abkühlen. Zum Gebrauch erhitzt man dieses Loth auf 375°, so dass es plastisch wird, und bringt es dann auf die zu vereinigenden Flächen. Als Löthwasser dient dabei zweiprozentiges Natriumamalgam. Die Masse eignet sich auch, um Abdrücke herzustellen, und zum Verschluss von Glas- und Porcellanröhren.

Cadmiumamalgam (22—26 Cadmium auf 78—74 Quecksilber) wird sehr fest und deshalb von Zahnärzten zum Plombiren der Zähne gebraucht.

Zur Verkittung von Messing mit Glas wird eine Legirung von 3 Blei, 2 Zinn und $2^1/_2$ Wismuth empfohlen. Auch in gewöhnliches Zinnloth lässt sich Glas einschmelzen. Ebenso werden Diamanten durch Eindrücken in teigiges Zinnloth gefasst.

Häufiger dienen zum Verbinden von Metallen mit Nichtmetallen oder solcher untereinander, soweit Leimen nicht ausreicht, die verschiedenen Harzkitte.

Der bekannteste darunter ist das gewöhnliche Siegellack. Die beiden zu verkittenden Theile werden vorgewärmt, bis das Siegellack darauf schmilzt, mit einer dünnen Schicht bedeckt, aneinander gedrückt und langsam abgekühlt. Ist ein Apparat schon mit Siegellack gekittet, so kann man eine andere Kittung noch mit der leichter flüssigen Mischung von Colophonium und Wachs ausführen.

Ein wasserdichter Kitt für Holztheile ist der sogenannte Marineleim, bereitet aus einer Mischung von Kautschuklösung in Benzin, welcher unter Erwärmen Schellack zugesetzt wurde.

Ein anderer sehr empfehlenswerther, etwas elastischer Kitt besteht aus 1 Theil schwarzem Pech und 1 Theil Guttapercha. Solche elastische Kitte eignen sich besonders dann, wenn Körper von sehr verschiedenen Ausdehnungscoefficienten wie Holz und Metall aufeinander zu befestigen sind, oder Kautschuk auf Holz, Leder auf Metall und dergl.

Zum Verkitten von Glas wird empfohlen eine Mischung von 1 Theil fein zerschnittenem Kautschuk in 64 Theilen Chloroform mit 16 Theilen gepulvertem Mastix.

Sehr häufig gebraucht wird der gewöhnliche Glaserkitt, eine gut durchgeknetete Mischung von Kreide mit Leinöl und Leinölfirnis. Zum Aufstreichen dient ein stumpfes elastisches Messer, das Kittmesser (Fig. 257).



Fig. 257.

Ein rasch (in 10—30 Minuten) erhärtender Kitt kann hergestellt werden durch Kneten von Bleiglätte mit Glycerin. Derselbe ist sehr widerstandsfähig gegen chemische Einwirkungen und erträgt Erwärmung bis auf 270°. Vor dem Gebrauche müssen die Flächen gut gereinigt und mit Glycerin abgerieben werden.

Ein lange plastisch bleibender Kitt wird bereitet aus 16 Bleiglätte, 15 Schlämmkreide, 50 Graphit und 16 Leinölfirniß.

Auch Mischungen von Schlämmkreide mit Wasserglaslösung bilden brauchbare Kitte, die man durch Zusatz farbiger Pulver nach Bedürfnis färben kann.

Ein sehr harter Kitt wird hergestellt durch Mischung von Zinkoxyd mit Chlorzink.

Eine Mischung von Bleiweiß mit Copalfirniß bildet einen Kitt, der besonders zur Befestigung von Glas auf Holz geeignet ist.

Ein vielgebrauchter, billiger Kitt wird bereitet durch Zusammenreiben von Quark oder jungem süßem Käse mit ungelöschtem Kalk und heißem Wasser. Das Reiben wird fortgesetzt, bis ein zäher Teig entstanden ist, der noch warm zur Verwendung kommt.

Zum Verkitten von Messing und Glas wird empfohlen eine Mischung von 1 Aetznatron und 3 Colophonium in 5 Wasser gekocht und mit der Hälfte Gyps zusammengeknetet.

Zum Verkitten von Rohrleitungen, Kesseln u. s. w., die keine sehr hohe Temperatur auszuhalten haben, wird ein Kitt verwendet, den man durch Zusammenkneten von Mennige oder Bleiweiß mit Leinölfirniß erhält. Zuweilen wird demselben auch Braunstein und Pfeifenthon beigemengt.

Eiserne Röhren, welche starker Erhitzung ausgesetzt sind, werden mit einer Mischung von 20 Eisenpulver (Ferrum limatum), $^2/_3$ Salmiak, $^1/_3$ Schwefelblumen und etwas angesäuertem Wasser verkittet. Es bildet sich Rost, welcher die einzelnen Eisentheilchen fest miteinander verbindet.

Für Oefen wird eine Mischung von 2 Theilen Lehm mit 1 Theil Borax und etwas Wasser benutzt.

Für chemische Apparate, die keine hohe Temperatur auszuhalten haben, aber der Einwirkung von Säuren widerstehen sollen, dient eine Mischung von Thon mit dickflüssigen Glycerinrückständen. Auch Thon, mit in heißem Leinöl gelöstem Kautschuk gemischt, kann zu gleichem Zwecke dienen.

Ein anderer, Säuren und nicht zu hoher Wärme widerstehender Kitt ist eine Mischung von 100 Schwefel, 2 Talg, 2 Harz und Glaspulver, welche bis zum Braunwerden erhitzt und als weicher Teig auf die zuvor erwärmten Gegenstände aufgetragen wird.

Zum vorübergehenden raschen Verstopfen undicht gewordener chemischer Apparate ist ein warmer Teig von Leinsamenmehl brauchbar, welchem man durch Umbinden von Leinwandstreifen noch mehr Halt verleihen kann.

Zum Ausfüllen von Löchern in Holz dient ein Gemenge von 1 Theil Colophonium, 2 Theilen gelbem Wachs und 2 Theilen feingepulvertem gelbem Ocker.

Zum Verkitten großer gusseiserner Gasleitungsröhren wird geschmolzenes Pech mit trockenem Ziegelmehl gemischt, ein Hanfzopf hineingetaucht und in die Fuge eingedrückt.

Bei großen Wasserleitungsröhren und ebenso beim Einkitten eiserner Stäbe in Steine wird gewöhnlich geschmolzenes Blei in den Zwischenraum eingegossen. Auch Schwefel und Gyps werden häufig gebraucht, sie dehnen sich aber beim Schmelzen aus und wirken deshalb leicht zersprengend.

Für grobe Maurerarbeiten wird Mörtel und Cement, wenn nöthig, mit eingelegten Ziegelsteinen verwendet. Zum Ausfüllen kleiner Löcher Gyps oder Glaserkitt.

32. Nieten, Falzen, Fügen, Knüpfen, Flechten, Spinnen, Weben, Nähen, Keilen, Spannen, Nageln, Schrauben.

Während bei den eben besprochenen Verbindungsweisen die Adhäsion der verbundenen Theile den Zusammenhang bewirkte, so ist es hier die Cohäsion, insofern die Theile derart geformt und miteinander verbunden werden, dass eine Trennung wenigstens nach einer in Be-

tracht kommenden Richtung nur dadurch möglich ist, dass der eine Theil zerreißt oder wenigstens sich stark an dem andern reibt, so dass geringe Kräfte eine Verschiebung überhaupt nicht bewirken können.

Eine bei gröberen Metallarbeiten sehr häufig angewendete Operation dieser Art ist das Nieten. Das eine der zu vereinigenden Stücke erhält Löcher, das andere Zapfen, welche gerade in diese Löcher einpassen und noch um weniges daraus hervorragen. Nun stützt man das letztere auf den Ambos oder die Nase des Schraubstocks, und hämmert mit einem relativ sehr leichten Hammer erst senkrecht, dann schief von verschiedenen Richtungen auf die vorragenden Enden der Zapfen, bis diese zu halbrunden, der Fläche dicht anschließenden Köpfen zusammengestaucht sind (Fig. 258). Um diesen Köpfen eine regelmäßige Gestalt und glatt abgerundete Oberfläche zu geben, setzt man schließlich einen mit entsprechender halbkugeliger Vertiefung versehenen gehärteten Stahlstempel, Nietpunze auf, und treibt denselben durch Hammerschläge so lange an, bis der gewünschte Zweck erreicht ist.

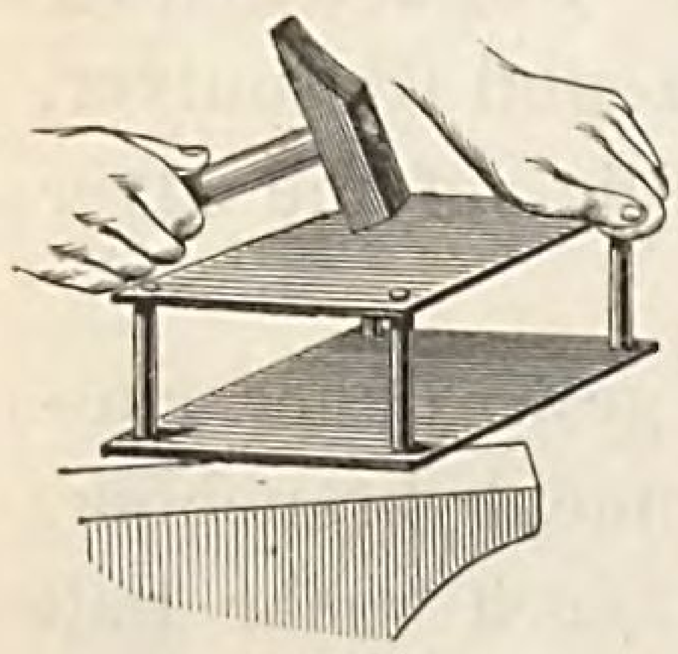


Fig. 258.

Soll der Nietkopf nicht vorstehen, so wird die Bohrung conisch ausgerieben, versenkt, und das Zapfenende so lange durch Ueberhämmern gestaucht, bis es die Versenkung völlig ausfüllt. Schließlich beseitigt man den etwa noch vorragenden Theil mit der Feile.

Sind die Arbeitsstücke derart beschaffen, dass sich Nietzapfen nicht wohl anbringen lassen, sind z. B. zwei Platten aufeinander zu nieten, so bedient man sich dazu der Nietnägel. Dieselben bestehen aus einem cylindrischen, stumpf abgeschnittenen Schaft, welcher an einem Ende mit einem halbrunden Kopf versehen ist. Beide Platten erhalten correspondirende Bohrungen, der Nietnagel wird eingesteckt und das hervorragende Ende wie ein Nietzapfen zu einem zweiten Kopf gestaucht, während das Kopfende gegen eine im Schraubstock eingespannte Nietpunze gestützt wird. In diesem Falle sind also zwei Nietpunzen nöthig.

Sehr kleine Nieten stellt man sich selbst aus Drahtstückchen her, und vernietet nacheinander erst das eine, dann das andere Ende.

Soll die Nietfuge dicht halten, so werden gewöhnlich zwei Reihen Nieten nebeneinander angebracht und zwischen dieselben eine mit Mennigekitt bestrichene Schnur und dergl. eingelegt. Vor dem Anstauchen des Kopfes müssen dann rings um die Niete die Bleche zusammengehämmert und etwas gestaucht werden, so dass der Nietbolzen dicht an die Oeffnung anschließt. Hierzu dienen Stahlstempel, welche eine dem Schaft der Niete entsprechende cylindrische Höhlung enthalten, sogenannte Nietenzieher.

Bei sehr dünnem Blech werden kupferne Nietnägel verwandt und auf das Ende der Niete vor dem Stauchen ein gut aufpassender Kupferring aufgesetzt, welcher dann zusammen mit dem angestauchten Kopf gewissermaßen einen einzigen, sehr breiten Kopf bildet.

Zum Nieten von Röhren (Ofenröhren) ist als Ambos ein besonderes Nieteisen (z. B. ein Stück Eisenbahnschiene) nöthig, welches in das Rohr eingeschoben und an beiden Enden gestützt wird.

Röhren aus dünnem Blech werden in der Regel nicht genietet, sondern gefalzt, d. h. die beiden zu vereinigenden Ränder des Cylindermantels werden nach entgegengesetzten Seiten umgebogen, in einander eingehakt und der so entstandene Falz durch Ueberhämmern zugedrückt. Indem man beim Zudrücken als Unterlage ein passend gestaltetes Gesenk nimmt oder einen rinnenartig ausgehöhlten Stahlstempel verwendet, kann man den Falz symmetrisch gestalten und entweder auf der Innen- oder Außenseite des Rohres vorragen lassen.

Durch Falzen werden ferner auch zwei Röhren mit einander verbunden (s. Taf. XV) oder ein Gefäß mit Boden und Deckel versehen und, falls der Schluss ein dichter sein soll, die Fuge gleichzeitig noch verlöthet. Am besten lässt sich das Falzen bei Kupferblech ausführen. Dasselbe gestattet auch die Löthung mit Hartloth auszuführen, so dass sie im stande ist, höhere Temperaturen auszuhalten.

Um zwei Leder- oder Tuchstücke mit einander zu verbinden, werden zuweilen die früher erwähnten Messingösen gebraucht, welche eigentlich dazu bestimmt sind, einer Oese größere Haltbarkeit zu verleihen.

Zum Verbinden von Papierstücken hat man in neuerer Zeit sehr einfache und zweckmäßige Heftmaschinchen construirt, in welchen durch einen Stempel ein ⊓ förmiges Drahtstückchen mit seinen Spitzen durch die Papierblätter durchgestoßen wird, worauf die Spitzen auf den concaven Unterstempel aufstoßen, sich umlegen und dadurch die Papierblätter gewissermaßen zusammennieten.

Das Vereinigen von Papierblättern durch eingezogene Bindfaden oder durch Nähen, ähnlich wie auch Tuch, Leder u. s. w. gewöhnlich verbunden werden, ist eine allgemein bekannte Arbeitsmethode. An das Nähen schließen sich Knüpfen, Flechten, Spinnen und Weben an, welche Arbeiten im kleinen von Hand mit einfachen Häkchen, Schiffchen, Spindeln u. dergl., im großen mit Hülfe geeigneter Maschinen ausgeführt werden. Bei physikalischen Arbeiten dürfte es sich höchstens um Anfertigung eines groben Drahtnetzes, etwa zum Schutze eines Glasballons und dergl. handeln, wozu es genügt, die zu verschlingenden Drähte auf kleine Röllchen aufzuwickeln, die Enden zu befestigen und nun beim Abwickeln die Röllchen in ihrer Lage so zu vertauschen, dass der gewünschte Zweck erreicht wird.

Um Draht, wie es für galvanische Zwecke nöthig ist, mit Baumwolle oder Seide zu überspinnen, wird derselbe durch eine hohle Spindel gesteckt, welche an einem Ende mit einer Art Kurbel versehen ist, auf welche statt des Handgriffs ein Röllchen mit Baumwolle resp. Seide aufgesteckt wird. Befestigt man nun das Ende des Fadens an den Draht und versetzt die Spindel mittels eines Schnurlaufs in Umdrehung, so wickelt sich selbstverständlich der Faden von der Rolle ab und auf den Draht auf. Wird der Draht gleichzeitig, etwa durch Walzen, gleichmäßig fortgeschoben, so erhält er eine ganz regelmäßige Bewicklung, welche um so dichter ausfällt, je langsamer das Durchziehen im Verhältnis zu der Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel erfolgt. Um dieses Verhältnis ganz constant zu halten, werden die Walzen, welche den Draht fortziehen, mittels Rollen und Riemen mit dem gleichen Rade in Verbindung gesetzt, von dem auch die Spindel ihre Umdrehung erhält, etwa mit dem Schwungrade einer Drehbank.

Leitungsdrähte, welche an feuchten Orten gelegt werden sollen, erhalten einen Ueberzug von Guttapercha, welche aus der Oeffnung eines Cylinders herausgepresst wird, durch die gleichzeitig auch der Draht hindurchgeführt wird, wobei dafür gesorgt sein muss, dass derselbe stets genau in der Mitte der Oeffnung sich hält. Das Auspressen der Guttapercha erfordert beträchtliche Kraft, somit eine größere Maschine, kann also nicht im kleinen ausgeführt werden.

Zum Zusammenhalten von Holztheilen dienen häufig umgelegte eiserne Bänder oder Reifen, welche gewöhnlich zusammengenietet oder geschraubt sind. Nicht selten sind dieselben auch gelöthet, wie z. B. die Zwingen an Werkzeugheften, oder geschweißt, wie die Radreifen. Die letzteren werden bekanntlich heiß aufgezogen, damit in Folge der beim Abkühlen eintretenden Zusammenziehung genügende Spannung entsteht, um sie festzuhalten. Von dem gleichen Prinzip macht man sehr häufig auch bei Metallarbeiten Gebrauch, z. B. beim Aufsetzen von Ringen oder Hülsen auf Stäbe, im großen beim Befestigen der Eisenbahnräder auf den Achsen. Um solche aufgezogene Ringe und dergl. zu lösen, müssen sie entweder mit einer hinreichend starken (hydraulischen) Presse abgedrückt werden, oder falls der Gegenstand hohl ist, kann der Innenraum mit flüssiger Kohlensäure rasch gekühlt werden, so dass sich die innere Masse rascher zusammenzieht als der aufgesetzte Ring. Wird ein größerer Ring zu stark erhitzt aufgezogen, so reißt er beim Erkalten in Folge der zu beträchtlichen Contraction, ähnlich wie auch größere Nietnägel, die glühend eingesetzt wurden, um durch ihre Contraction beim Erkalten die zu verbindenden Platten dichter zusammenzuziehen.

Ist ein aufzuziehender Ring bei der Bearbeitung etwas zu groß ausgefallen, so kann man ihn dadurch etwas verengen, dass man ihn glühend

mit der Fläche bis zu halber Höhe in Wasser eintaucht. Die sich rasch contrahirende gekühlte Hälfte drückt die noch glühende zusammen, so dass diese nach dem völligen Abkühlen kleiner erscheint als die erste, Nun kehrt man den Ring um und wiederholt die Operation.

Ist seitlich ein Metallstück an einen Metallgegenstand anzufügen, z. B. in ein ausgebrochenes Zahnrad ein Zahn einzusetzen, oder an einen Schlüssel ein Bart, so versieht man dasselbe mit einem sogenannten Schwalbenschwanz, d. h. mit einem viereckigen, an zwei gegenüberliegenden Seiten gegen das Ende sich verbreiternden Zapfen, welcher mit Kraft in einen entsprechenden Schlitz des andern Stücks eingedrückt und, wenn nöthig, noch verlöthet wird.

Aehnlich werden auch Holztheile mit einander vereinigt und verleimt oder verschraubt. Bei größeren Stücken, z. B. beim Hartlöthen von Kupferkesseln oder bei Herstellung einer starken Kiste, werden mehrere Schwalbenschwänze oder Zinken nebeneinander angebracht.

Oft ist die bei genauem Zusammenpassen und genügender Elasticität der Materialien durch die beim Eintreiben erzeugte Spannung begünstigte Reibung ausreichend, die Theile hinreichend fest zusammen zu halten. Es gilt dies namentlich für die nicht unmittelbar ausgearbeiteten, sondern für sich besonders nach Art der Nietnägel eingesetzten Zapfen, Keile, Dibbel, Nägel, Stifte und Schrauben.

Holzkeile und Holznägel (Dibbel) werden besonders bei gröberen Zimmermanns- und Schreinerarbeiten angewendet, und bei solchen feineren, bei welchen eiserne Nägel und Schrauben aus irgend einem Grunde nicht wohl verwendet werden können.

Eiserne Keile dienen besonders zum Befestigen von Schrauben oder Kurbeln auf Achsen und überhaupt bei solchen Verbindungen, die fest halten und doch leicht lösbar sein sollen. Die Schrauben sind gewissermaßen ebenfalls Keile, können aber nicht so stark eingetrieben werden, ihre compendiöse Form lässt sie aber dennoch für die meisten Arbeiten vortheilhafter erscheinen.

Holznägel werden häufig vor dem Einschlagen mit dünnem Leimwasser benetzt, eiserne einfach mit Wasser, so dass sie leichter gleiten und später etwas anrosten, somit durch diese chemische Wirkung die Reibung noch vermehrt wird. Beim Einschlagen muss der Hammer so geführt werden, dass die Richtung des Schlags möglichst diejenige der Achse des Nagels ist. Die Bahn des Hammers muss hinreichend breit und das Gewicht desselben der Größe der Nägel angemessen sein. Kleine Hämmer werden zuweilen magnetisch gemacht, um damit die Nägel gleichzeitig auch ohne Mühe aufnehmen zu können. Hohl liegende Gegenstände müssen durch Gegenhalten eines schweren Hammers gestützt werden. Zum Ausziehen von Nägeln dient die

Beißzange (Fig. 259 u. 260), oder die geschlitzte Finne des Hammers, zum Vorbohren der Löcher die Ahle und der Nagelbohrer.

Bei Brettern, welche nachträglich abgehobelt werden sollen, werden die Köpfe der Nägel oder Stifte durch einen aufgesetzten Stahlstempel (Durchschlag) einige Millimeter tief in das Holz eingetrieben und dann die entstandene Vertiefung mit Glaserkitt ausgefüllt. Würde einfaches Aufnageln nicht genügen, so nimmt man die Nägel, welche auf der Rückseite vortreten, schlägt sie dort rechtwinkelig um und überhämmert den umgebogenen Theil noch so, dass er sich in das Holz einlegt, um sich nicht gelegentlich an den vorragenden Spitzen zu verletzen.

Die Schrauben werden, falls sie klein sind, mittels eines in den Schlitz des Kopfes gut einpassenden Schraubenziehers (Fig. 261)

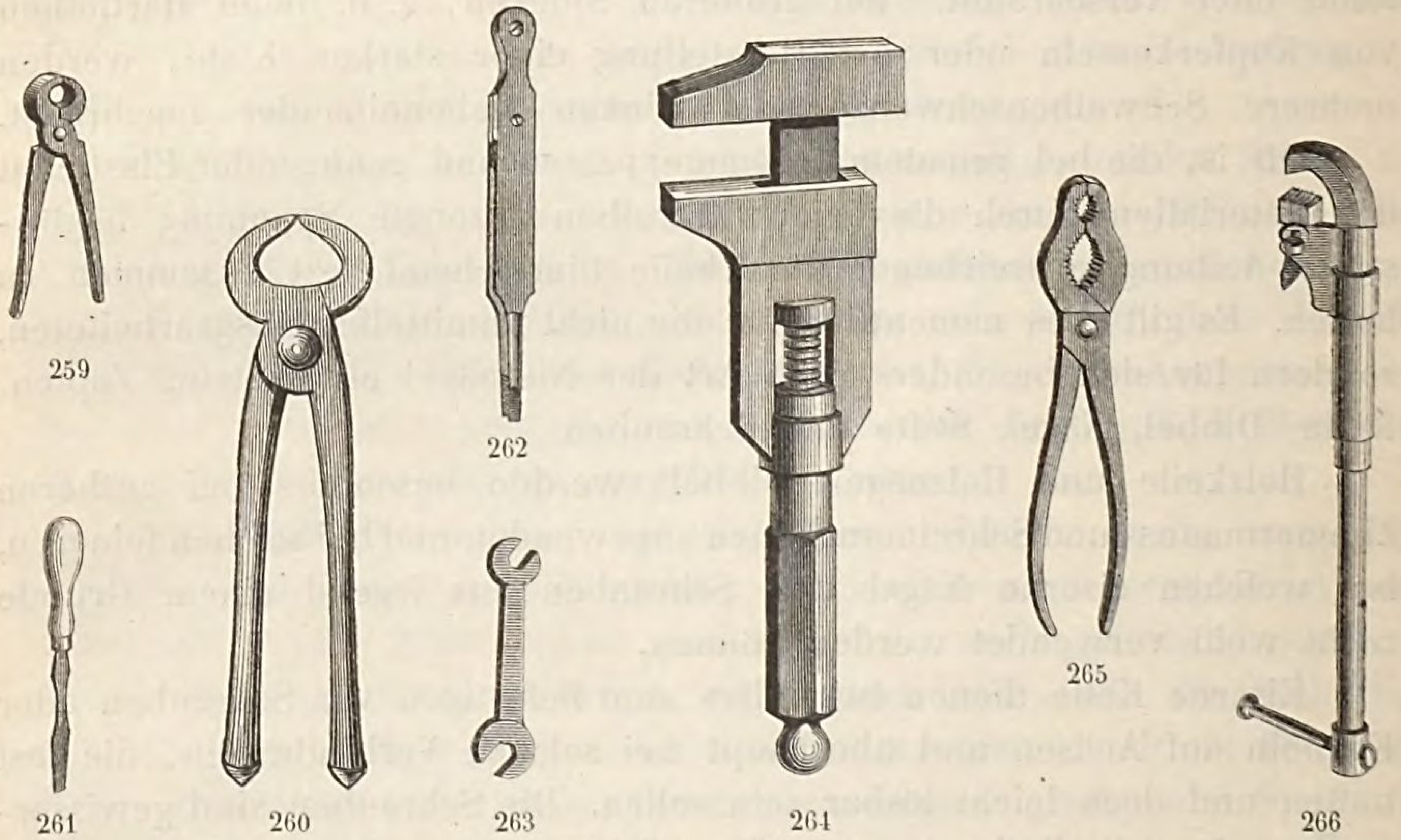


Fig. 259—266.

eingedreht, nachdem man sie zuvor geölt oder gefettet hat. Um sehr kleine Schrauben zu fassen, bedient man sich der Kornzange (Fig. 262). Zweckmäßig werden auch die Schraubenzieher magnetisch gemacht, um damit die Schräubchen gleichzeitig aufnehmen zu können. Größere Schraubenzieher werden häufig statt mittels eines Griffes mit der Bohrwinde umgedreht, oder man klemmt seitlich an die Klinge einen Feilkloben an, um größere Kraft ausüben zu können.

Große Schrauben erhalten viereckige oder sechseckige Köpfe, und werden mittels eines einfachen Gabelschlüssels (Fig. 263), oder englischen Schraubenschlüssels (Fig. 264) umgedreht. Letzterer bietet den Vortheil, dass man das Maul desselben für verschiedene Schraubenköpfe passend einstellen kann. Für schwer zugängliche

Schraubenköpfe dienen Stockschlüssel, von T-förmiger Gestalt, welche das Maul nach Art eines Rohrschlüssels am Ende des Stiels haben. In manchen Fällen kann auch die Bohrratsche zum Umdrehen dienen.

Um abgebrochene Metallschrauben zu entfernen, setzt man an der Peripherie der Bruchfläche in schiefer Richtung den Kreuzmeißel an und hämmert so lange in der Richtung der Tangente, bis sich die Schraube genügend herausgeschraubt hat, um sie mittels eines Feilklobens oder einer Zange fassen zu können. Ist dies nicht möglich, so wird die Schraube ausgebohrt und ein neues Gewinde geschnitten, oder ein Zapfen in das erweiterte Loch eingelöthet und in diesen ein neues Loch und Gewinde gebohrt.

Zum Zusammenschrauben oder Aufschrauben von Gasröhren dient die Brennerzange (Fig. 265), oder für größere die Gaszange (Fig. 266). Zum Festhalten der Röhren dienen dabei zwei durch eine Feder zusammengehaltene, nach Art des Zangenmauls gerippte Stahlbacken, welche in den Schraubstock eingesetzt werden, oder auch ein Rohrschraubstock oder eine zweite Gaszange.

Um eine Nietverbindung zu lösen, werden die Nietköpfe abgemeißelt. Schrauben, die sich nicht mehr lösen lassen, werden ausgebohrt, nachdem man ebenfalls den Kopf abgemeißelt hat.

Soll lediglich die Verbindung rasch gelöst werden ohne Rücksicht darauf, ob einzelne Theile beschädigt werden, so verwendet man sehr flache Stahlkeile, zweckmäßig solche von der Form von Vogelzungenfeilen, welche sich zu fast quadratischem Querschnitt verdicken und nach dem Eintreiben mittels eines Wendeeisens umgedreht werden können, so dass dadurch eine sehr beträchtliche Kraftwirkung erzielt werden kann. Um ein Ausquetschen der Keile durch die hervorgerufene hohe Spannung zu hindern, versieht man sie mit Einschnitten, welche eine Art Widerhaken erzeugen. Ist der Winkel einigermaßen beträchtlich, würde man z. B. einen gewöhnlichen Flachmeißel zum Aufsprengen benutzen, so kann durch das plötzliche unvermuthete Zurückschnellen des Meißels großer Schaden angerichtet werden, was also beim Gebrauche wohl zu berücksichtigen ist.

Ist einmal eine größere Fuge entstanden, so wird der Keil durch einen langen, hinreichend kräftigen Stahlstab, das Brecheisen, ersetzt, und die Arbeit schreitet dann rasch vorwärts.

Solche Brecheisen werden auch dann mit großem Nutzen verwendet, wenn es sich darum handelt, große schwere Gegenstände, denen man, wenn nöthig, Walzen unterschiebt, von ihrem Orte fortzurücken, falls nicht ein geeigneter Krahn oder eine Winde zu gebote steht.

Einrichtung der Werkstätte.

Aus der vorstehenden Uebersicht über die wichtigsten Bearbeitungsmethoden ist ersichtlich, welche Werkzeuge nöthig und welche, wenn auch nicht durchaus nöthig, wenigstens nützlich sind.

Es genügt indess nicht allein, die Werkzeuge in vollständiger Anzahl, gut geordnet, reinlich und in brauchbarem Zustande zu besitzen, auch das Lokal selbst, die Werkstätte, muss wenigstens einigen allgemeinen, kaum abzuweisenden Forderungen genügen.

Selten wird nun freilich der Physiker in der Lage sein, sein Arbeitslokal ganz nach Wunsch auswählen oder einrichten zu können, auch ist die äußere Form und Ausstattung des Zimmers nicht gerade von sehr wesentlicher Bedeutung, so dass es genügt, hier nur die wichtigsten dabei in Betracht zu ziehenden Grundsätze in Kürze darzustellen. Der allererste derselben verlangt zum Arbeiten genügende Helligkeit, sowohl bei Tag wie bei Nacht, d. h. es müssen genügend viele Fenster und Gasflammen vorhanden und diese zudem so vertheilt sein, dass, wo immer man auch arbeiten möge, nirgends grelle Schatten den zu bearbeitenden Gegenstand verdunkeln können. Eben so wenig darf aber zu grelles Licht den Arbeitenden blenden oder direktes Sonnenlicht durch unangenehme Wärme stören. Fenster, die nicht nach Norden liegen, versehe man mit dichten Vorhängen, Läden und dergl., und die Gasflammen bringe man nicht etwa in der Mitte des Zimmers an, sondern vereinzelt an den Wänden, über den einzelnen Tischen und Maschinen, auch nicht fest, sondern durch Zugstangen und Gelenke beweglich. Stehende Lampen mit Kautschukschläuchen sind bei manchen Arbeiten kaum zu entbehren, im allgemeinen indess zu verwerfen, da oft gerade im wichtigsten Moment der Schlauch etwa durch Umstürzen irgend eines Gegenstandes eingeklemmt wird und das Licht somit erlischt. Auch Cylinderlampen sind nicht wohl zu empfehlen, denn gar leicht wird durch eine unüberlegte Wendung der Cylinder herabgestoßen und zertrümmert und beschädigt gar noch irgend ein kostbares Objekt. Nur bei sehr feinen, subtilen Arbeilen ist eine Cylinderlampe mit Schirm schon des ruhigen Lichtes halber, außerdem auch der größeren Helligkeit wegen fast unentbehrlich. Es empfiehlt sich deshalb, über dem eigentlichen Arbeitstisch, der sogenannten Werkbank, einen Hahn mit derartig gestaltetem Ansatzrohr anzubringen, dass je nach Bedürfnis, rasch und ohne Schwierigkeiten ein Schlitz- oder Rundbrenner eingesetzt werden kann. Besondere Bequemlichkeit gewährt es, wenn diese Lampe nicht nur nach rechts oder links verschoben, sondern auch nach Wunsch höher oder tiefer gestellt werden kann.

Die erwähnte Werkbank ist ein starker, aus hartem Holz massiv gebauter und an der Wand durch eingegypste Klammern dauerhaft befestigter Tisch, an dessen einer Seite der Schraubstock befestigt wird. Derselbe wird nahezu bei jeder Arbeit gebraucht und sollte daher womöglich immer vor einem gegen Norden gelegenen Fenster und möglichst frei angebracht werden, so dass jederzeit genügende Beleuchtung vorhanden und ungehindertes Arbeiten möglich ist. Aehnliches gilt auch von der fast gleich häufig gebrauchten Drehbank. Die Stellung der übrigen Geräthe ist dagegen von geringerer Bedeutung. Zweckmäßig ist es, wenn die Wände mit einer ziemlich hochgehenden Holzverkleidung versehen sind, da manche Arbeiten ein Anlehnen oder Anstemmen gegen die Wand erfordern. Dieselbe erhält aus gleichem Grunde am vortheilhaftesten einen dunkeln Anstrich, während im übrigen die Wände mit einer recht hellen Farbe angestrichen oder besser tapezirt sind. Auch der Boden muss mit dunkler Oelfarbe angestrichen sein, da sehr häufig Oel oder andere Flüssigkeiten unvermeidlich herabtropfen und zahllose Flecken erzeugen würden. Es mögen diese Angaben überflüssig erscheinen, eine reinliche, sorgfältig in Ordnung gehaltene Werkstätte ist aber für das Arbeiten von großem Werth, da man unwillkürlich auch die Arbeit, mit welcher man beschäftigt ist, sauberer und pünktlicher ausführt, wenn die ganze Umgebung einen guten freundlichen Eindruck macht und gewissermaßen fortwährend zur Ordnung mahnt.

Was nun die einzelnen Geräthschaften, welche in der Werkstätte aufzustellen sind, anbelangt, so gehören hieher außer den beiden schon erwähnten, der Werk- und Drehbank, unbedingt noch die folgenden: Bohrmaschine, Schleifstein, Hobelbank, Glasblasetisch und Ambos. Unentbehrlich sind fernerhin ein gewöhnlicher Füllofen, eine Schmiedeesse und ein Wasserstein. Die Schmiedeesse wird zuweilen aus Mauerwerk construirt, vortheilhafter ist aber eine transportable sogenannte Feldschmiede, wie sie oben beschrieben wurde, da man dieselbe eventuell drehen oder sonst nach Bedürfnis stellen kann. Jedenfalls umgebe man die Esse mit einem geräumigen, mit dichtschließenden Thüren versehenen Blechgehäuse und stelle sie derart auf, dass einerseits der entstehende Qualm auf kürzestem Wege in den Rauchfang entweichen kann, andererseits hinlänglich Raum vorhanden ist, auch lange Stangen oder in großem Bogen gekrümmte Körper ohne Hindernis aufzulegen.

Zur Aufbewahrung der Werkzeuge dient ein einfacher großer Schrank, dessen Rückwand nicht aus zu dünnem Holze bestehen darf, weil die meisten Stücke am zweckmäßigsten an Nägeln oder Haken aufgehängt werden. Fächer darf dieser Schrank nur im oberen Theile enthalten und ein einziges in der Mitte. Letztere dienen zur Aufnahme solcher Geräthe, welche nicht wohl aufgehängt werden können, und von Schachteln für

sehr kleine Gegenstände. Auch zur Aufbewahrung der Materialien sind mehrere verschließbare Schränke nöthig. Die Werkstätte muss gewissermaßen mit einem Lager von Materialien verbunden sein, denn Werkzeuge allein nützen zum Arbeiten gar nichts.

Dieses Lager muss sogar recht vollständig sein, denn der Physiker kann nicht wie der auf Bestellung arbeitende Mechanikus in Ruhe die nöthigen Materialien ankaufen, wie sie gerade nöthig sind; es würde das zu viele Zeit absorbiren, und gerade in der Zeitersparnis beruht der Hauptnutzen der Selbstanfertigung der Apparate.

Die Anordnung dieses Materialienvorraths geschieht am besten in erster Linie nach der Menge und Größe, in zweiter nach der Natur und Bestimmung der Materialien, in dritter nach deren Aufbewahrungsart. Es ergeben sich somit vor allem zwei Hauptgruppen, nämlich Materialien, welche nur geringen Raum einnehmen, und solche, welche in großer Menge und in großen Stücken vorräthig zu halten sind. Die ersteren pflege ich schon seit langer Zeit und mit gutem Erfolg in Cigarrenkistchen aufzubewahren, deren eine Seite mit weißem Papier beklebt ist, auf welches mit großen, weithin sichtbaren Lettern der Inhalt verzeichnet steht. Kostbare Schubladen, welche dicht in die Fächer einpassen, dürften vielleicht einen schöneren Anblick gewähren, sind indess andererseits mit dem Uebelstand behaftet, dass sie in der Regel nur mit Mühe wieder richtig eingeschoben werden können, falls sie einmal ganz daraus entfernt worden sind.

Zur Aufbewahrung flüssiger Substanzen empfehlen sich kleine Pulvergläser mit flachem Stöpsel, etwas niedriger als die Cigarrenkistchen, so dass in jedem solchen mehrere derselben nebeneinander gestellt werden können. Die Etiketten klebt man oben auf die Stöpsel. Es wird so möglich, die sämmtlichen Materialien in schönster Ordnung und mit großer Uebersichtlichkeit in den Schränken unterzubringen, so dass es sehr leicht ist, das gewünschte sofort aufzufinden. Die Form der Schränke und die Anordnung der einzelnen Kästchen wähle man so. dass alle leicht zu erreichen sind und diejenigen am bequemsten, welche am häufigsten gebraucht werden. Sehr zweckmäßig habe ich es gefunden, 5 große Schränke anzuwenden, an welche sich noch ein sechster zur Aufbewahrung von Beleuchtungs-, Heizungs- und Reinigungsutensilien anschließt. Zwei der eigentlichen Materialienschränke bestehen je aus einem unteren, tiefen und einem oberen, weniger tiefen Theil. Der obere dient einzig zur Aufbewahrung der beschriebenen Cigarrenkistchen, der untere Theil des einen ist durch eine Scheidewand in eine vordere und eine hintere Hälfte getheilt, welch' letztere durch seitliche Thüren zugänglich ist. Die vordere dient zur Aufnahme großer Flaschen und Töpfe, die hintere zur Aufbewahrung von Stangen und Röhren, welche

horizontal liegen, so dass man direkt deren Querschnitt sieht und somit leicht das passende Exemplar auswählen kann. Die untere Hälfte des zweiten Schranks enthält Schubladen und Fächer von verschiedener Breite und Höhe. Der dritte einzig zur Aufnahme größerer Hölzer dienende Schrank enthält im unteren Theil verticale, im oberen horizontale Fächer. Der vierte Schrank ist der ganzen Höhe nach in verticale Fächer getheilt und dient zur Aufnahme sehr langer Eisenstangen, Röhren, Bretter, Latten etc.; der fünfte zur Aufnahme größerer Maschinentheile, auch halbvollendeter, zerbrochener oder eben in Arbeit befindlicher Apparate. Er ist im oberen wie im unteren Theil mit horizontalen Fächern versehen, welche vermittelst Zahnleisten nach Bedarf abgeändert werden können.

Sind die Schränke in der beschriebenen Weise eingeordnet, so wird man sehr bald die Uebung erlangt haben, sofort jeden gewünschten Gegenstand aufzufinden und auch leicht herausnehmen zu können, und dadurch den oft außerordentlich großen Zeitverlust durch langes Suchen nach Materialien völlig zu vermeiden. Man achte aber stets darauf, dass die einmal bestehende Ordnung auch immer strenge eingehalten und jedes gebrauchte Objekt sofort nach beendeter Arbeit wieder an den ihm bestimmten Ort zurückgebracht wird; denn jede Nachlässigkeit in dieser Beziehung rächt sich, zuweilen sogar recht empfindlich.

Im Folgenden ist, um einige Anhaltspunkte zu geben, ein ausführlicheres Verzeichnis des Inhalts der verschiedenen Schränke aufgestellt.

Inhalt der oberen Theile von Schrank I und II.

A. Rohmaterialien.

I. Metalle.

1) Drähte. Bleidraht, Eisendraht, Eisendrahtstücke, Kupferdraht, Kupferdrahtstücke, Messingdraht, Messingdrahtstücke, Stahldraht, Platindraht, umsponnener Draht, Drahtnetze.

2) Bleche. Bleiblech, Eisenblech, Kupferblech, Messingblech, Weißblech, Zinkblech, Platinblech.

3) Platten. Eisenplatten, Messingplatten, Kupferplatten, Zinkplatten, Bleiplatten.

4) Stäbe. Eisenstäbe, Messingstäbe, Rundeisenstücke, Quadrateisenstücke, Flacheisenstücke, Stahlstäbe.

5) Röhren. Bleiröhren, Eisenröhren, Kupferröhren, Messingröhren.

II. Nichtmetalle.

1) Unbiegsame, nicht spröde Stoffe: Bein, Ebonit, Holz, Hartholz, Horn, Hollundermark, Korkholz, Laubsägenholz, Pappdeckel.

2) Unbiegsame spröde Stoffe: Glasplatten, Glasröhren, Glasstäbe, Spiegelglas, Retortenkohle, Thonplatten und -röhren, Steine.

3) Biegsame unelastische Stoffe; Baumwolle, Dochte, Fäden, Hanf, Leinwand, Bindfaden, Schnüre, Seide, Tuch, Asbest, Glaswolle, Schlackenwolle.

4) Biegsame elastische Stoffe: Thierblase, Federn, Leder, Kautschukplatten, Kautschukschläuche, Riemen, Saiten.

5) Dünne Blätter: Blattgold, Collodium, Glimmer, Gold- und Silberpapier, Gummipapier, farbiges Papier, Filtrirpapier, Karton, Pergament, Seidenpapier, Tapeten, Stanniol, weißes Papier.

III. Chemikalien.

1) Zum Kitten und Gießen: Antimon, Bleiabfälle, Borax, Colophonium, Canadabalsam, Eisenfeile, flüssiger Leim, Glaserkitt, Gummi, Harzkitt, Holzkitt, Hornabfälle, Kautschuklösung, Kohlenpulver, Leim, Löthcolophonium und Stearin, Leinsamenmehl, Marineleim, Mastix, Mennigekitt, Messingspähne, Papierteig, Pech, Pfeifenerde, Schlagloth, Siegellack, Schwefel, Stärke, Treibkitt, Wachs, Ziegelmehl, Zinnabfall, Zinkabfall.

2) Zum Löthen und Galvanisiren: Amalgamirsalz, Cyankalium, Glasversilberungsflüssigkeiten, Graphit, salpetersaures Silber, Quecksilber, Schwefelkohlenstoff, Vergoldungsbad, Versilberungsbad.

3) Zum Aetzen und Beizen: Aetzgrund, Asphalt, Blutlaugensalz, Chlorantimon, Chlornatrium, Essigsäure, Fluorwasserstofffluorkalium, Flussspath, Kalibichromat, präparirter Weinstein, salpetersaures Kupfer, salpetersaurer Wismuth, Soda, Schwefelleber, Schwarzbeize, Anilinroth, Anilinblau, Anilinviolett, Anilingelb, Anilingrün, Braunbeize, Campecheholz, Fernambukholz, Curcuma.

4) Zum Schleifen und Poliren: Bimssteinpulver, Schmirgel, Sand, Tripel, Wienerkalk, Kolkothar, Zinnasche, Diamantine, Diamant.

5) Zum Anstreichen: Bronce (goldfarbige, grüne, kupferfarbige, silberfarbige), Chromgelb, Drachenblut, Goldlack, Grüne Farbe, Kasselerbraun, Ockergelb, Ockerroth, Metallfirnis (gelb, roth, blau, violett, grün, farblos), Ruß, Schellacklösung, Wachspolitur.

B. Bearbeitete Materialien.

I. Verbindungstheile.

1) Nieten, 2) Nägel, 3) Stifte, 4) Hefteisen und Haken, 5) Messingnägel, 6) Holzschrauben, 7) Metallschrauben, 8) Schrauben mit Muttern, 9) Ring- und Hakenschrauben, 10) Schraubenmuttern und -spindeln, 11) Gasröhrenmuffen, 12) Verminderungsmuffen, 13) Gasröhren-Nippel,

14) G.-Flantschen, 15) G.-Winkel, 16) G.-Verminderungswinkel, 17) G.-T-Stücke, 18) G.-Verminderungs-T-Stücke, 19) G.-Kreuzstücke, 20) Gebogene Rohrstücke, 21) G.-Deckel, 22) G.-Stöpsel, 23) Korke, 24) Kautschukpfropfen, 25) Glasstöpsel.

II. Elemente zu Apparaten.

1) Stative, 2) Fassungen, 3) Röhrenhalter, 4) Röhrenverbindungen, 5) Haken und Häkchen, 6) Achsen und Keile, 7) Klemmen, 8) Contacte, 9) Gefäße, 10) Verschlüsse, 11) Lager, 12) Zapfen, 13) Oesen und Schiffchen, 14) Gelenke und Schneiden, 15) Arretirungen, 16) Führungen, 17) Kurbeln und Excenter, 18) Transmissionen, 19) Rollen und Hebel, 20) Hähne und Ventile, 21) Maßstäbe, 22) Kreistheilungen, 23) Gewichte, 24) Federn, 25) Kautschukröhrenverbindungsstücke, 26) Brenner, 27) Spiegelgläser, 28) Linsen, 29) Magnete, 30) Drahtspulen.

III. Fragmente von Apparaten.

Eine nähere Eintheilung derselben kann natürlich nicht gegeben werden.

Inhalt der unteren Theile von Schrank I und II.

I. Untere vordere Schäfte von Schrank I.

Cement, Formsand, Gyps, Kalk, Lehm, Sand, Sägespähne.

II. Obere vordere Schäfte von Schrank I.

Destillirtes Wasser, Löthwasser, Kupfervitriollösung, Matt- und Glanzbrenne, Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäurebeize, Salpetersäurebeize, Schwefelsäure f. Elemente, Salpetersäure f. Elemente, Olivenöl, Alkohol, Alkoholreste, Asphaltlack, Copalfirnis, Leinölfirnis, Lampenöl, Naphtha, Naphthareste, Petroleum, Petroleumreste, Politur, Spiritus, Terpentinöl, Terpentinölreste.

III. Hintere Schäfte von Schrank I.

Bleiröhren, Blechröhren, Eisenröhren, Eisenstäbe rund, Eisenstäbe kantig, Glasröhren, Latten, Messingstäbe, Messingröhren.

IV. Untere Schubladen von Schrank II.

Koaks, Holzkohlen, Steinkohlen, Backsteine, Bleiröhren.

V. Mittlere Fächer von Schrank II.

Packpapier, Zeichenpapier, Eisenblech, Messingblech, Kupferblech, Zinkblech, Bleiblech, Pappdeckel.

VI. Obere Schubladen von Schrank II.

Altes Blech, altes Eisen, altes Papier, Bimsstein, Kautschukschläuche, Riemen, Tuch, Leder, Schmirgelpapier, farbiges Papier, starkes Papier, große Korke, umsponnener Draht, Eisendraht, Messingdraht, Kupferdraht.

VII. Obere Schäfte von Schrank II.

Bleiröhrenstücke, dünne Bretter, Eisendrahtstücke, Messingdrahtstücke, Eisenröhren, Glasscheiben, Glasröhren, gerollte Gegenstände (Tapeten, Asbestpapier, Kautschuk, Drahtnetz, dünnes Blech), Stahldraht, Weichlothstangen, Zinnstangen, Bleibarren.

Inhalt von Schrank III.

Unten Schubladen mit Hobelspähnen, Hartholzstücken, Weichholzstücken und Holz zum Drechseln. Oben Fächer mit Brettern aus: Tannen-, Nussbaum-, Kirschbaum-, Birnbaum-, Ahorn- und Lindenholz.

Inhalt von Schrank IV.

Eisenstäbe (rund, quadratisch, flach, winkelförmig, T-förmig), Stahlstangen (rund und quadratisch), Eisenröhren, Messingröhren, Bretter aus Tannen- und Hartholz.

Inhalt von Schrank V.

Verschiedene Theile und Fragmente von Apparaten.

Inhalt von Schrank VI.

Verschiedene Gegenstände zum Zwecke der Beleuchtung, Heizung und Reinigung, wie: Leuchter, Kerzen, Gaslampen, Petroleumlampen, Petroleumkanne, Kohlenkessel, Schürhaken, Feueranzünder, Streichhölzer, Spiegel, Seifenschüssel, Seifenvorrath, Waschschüssel, Bürsten, Schabmesser, Handtücher, Fließpapier, reine Tücher, Abstaubtücher, Oellappen, Schaufel, Handbesen, Federwisch, Schwämme, Federn, Holz- und Ebonitstäbe zum Putzen von Glasröhren, Hakendrähte, Gläserbürsten etc.

Ich möchte nun zu dem gegebenen Verzeichnis von Materialien noch die Bemerkung hinzufügen, dass dasselbe keineswegs in der Art aufzufassen ist, als ob jeder Gegenstand in einer Schachtel allein oder nur in einer solchen aufzubewahren wäre. Manche Gegenstände, wie z. B. Nägel, Stifte, Schrauben etc., die in verschiedenen Sorten nöthig sind, werden eine ganze Reihe von Schachteln beanspruchen, andere wieder

werden nur die Hälfte oder den dritten Theil einer solchen ausfüllen, und werden deshalb zweckmäßig mit andern combinirt, indem man das Innere der Schachtel oder Schublade in einzelne Fächer abtheilt. Das Verzeichnis macht ferner keinen Anspruch darauf, völlig erschöpfend zu sein. Dasselbe ist lediglich aus meiner eigenen Praxis hervorgegangen. Sicherlich wird der eine Experimentator dies, der andere jenes in größerer Auswahl nöthig haben, je nach der besonderen Richtung seiner Versuche, und es ist daher wohl darauf zu sehen, dass die Dimensionen der Schränke nicht zu klein bemessen werden, um stets auch für unvorhergesehene Objekte den nöthigen Raum übrig zu behalten. Drähte und dergl. an den Wänden aufzuhängen, Stäbe oder Bretter in den Ecken aufzustellen, kleinere Gegenstände in offenen Schäften aufzubewahren, ist zwar bequem, indess des immerfort sich anhäufenden Staubes halber unreinlich. Zudem beeinträchtigt es in hohem Maße das saubere Aussehen der Werkstätte, welches, wie schon oben bemerkt wurde, für erfolgreiche Arbeit von wesentlichem Werthe ist, und nur allzuleicht verliert sich ein abgesprungenes Schräubchen und dergl. in solchem Durcheinander, wobei man dann grosse Mühe hat, dasselbe wieder aufzufinden, falls dies überhaupt gelingt.

Zweiter Abschnitt.

Methoden der Construction.

Anschließend an die gegen Ende des vorigen Abschnitts gegebene Beschreibung der zur festen Verbindung zweier Körper dienenden Operationen sollen im Folgenden zunächst einige Beispiele besprochen werden, welche eine Uebersicht der einfachsten Fälle geben, in welchen diese Verbindungsweisen Anwendung finden. Man kann dieselben zugleich als Uebungsbeispiele zum Erlernen der verschiedenen Operationen betrachten.

In geordneter Reihenfolge wird dann weiterhin gemäß den in der Einleitung dargelegten Gesichtspunkten eine durch Figuren unterstützte Uebersicht über die Elemente gegeben, aus welchen sich alle, selbst die complicirtesten Apparate zusammensetzen. Ebenso wie der Sprachkundige, dem die Regeln der Satzbildung und der Wortschatz einer fremden Sprache bekannt sind, seine Gedanken in dieser mündlich oder schriftlich auszudrücken vermag, so wird auch der Physiker, dem die mechanischen Verbindungsmethoden und die Elemente der Construction bekannt sind, seinen ersonnenen Apparaten eine greifbare und sichtbare Form zu geben im stande sein, und ebenso wie der Philologe seine Schriftwerke, so wird der Physiker seine Apparate um so besser und zweckentsprechender ausführen können, je reicher seine bezüglichen Kenntnisse und je größer seine Uebung in Verwerthung derselben. Bezüglich des darzustellenden Gedankens selbst lassen sich natürlich ebensowenig allgemeine Vorschriften geben für die Herstellung eines Apparates, wie für die Erzeugung eines literarischen Kunstwerks. In diesem Falle wie in jenem sind in dieser Hinsicht einzig und allein maßgebend einerseits der Zweck, der erreicht werden soll, andererseits die geistige Ausbildung und Befähigung dessen, der ihn zu erreichen sucht. Wohl wäre es möglich, gewisse Schablonen zu geben, sowie ja auch auf dem Gebiete des Sprachunterrichts wohl gewisse allgemeine

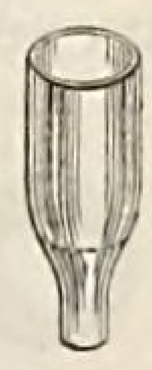
Formen, z. B. für Geschäftsbriefe und dergl. für jugendliche Anfänger gegeben werden; doch so wie der gereifte Kaufmann keines Briefstellers mehr benöthigt, so würde auch für den in seiner Wissenschaft bewanderten Physiker eine solche Anleitung höchst überflüssig und ohne allen Werth sein. Zudem werden in größeren Lehrbüchern der Physik so eingehende Beschreibungen sämmtlicher Apparate gegeben, dass, selbst wenn einmal dennoch ein Bedürfnis eintreten sollte, man sich leicht aus einem derartigen Lehrbuch näheren Aufschluss und Rath erholen kann. Auf Beschreibungen aus dem Gebiete der Instrumentenkunde wurde deshalb im Folgenden völlig verzichtet. Der Anfänger, der sich, ähnlich wie ein angehender Sprachkundiger an Probeaufsätzen, durch Herstellung bekannter, als Modelle dienender Apparate zunächst Uebung verschaffen will, findet ausreichende und vortreffliche Anleitung in den oben citirten Werken von Frick, Heussi und Weinhold, welche in eingehendster Weise die Construction der gebräuchlichen Demonstrationsapparate darlegen.

I. Verbindung durch Schweifsen und Kitten.

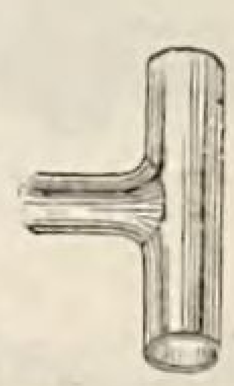
1) **Kautschukverbindung.** Kautschukschläuche, Beutel und Gefäße von Kautschuk aller Art sind zwar im Handel in allen erdenklichen Formen zu erhalten, so dass man sich zur Selbstanfertigung solcher Gegenstände nur selten genöthigt sehen wird. Immerhin erscheint es sehr zweckmäßig, Platten von unvulkanisirtem Kautschuk vorräthig zu halten, die sich leicht in beliebige Stücke zerschneiden, pressen und kneten lassen. Würde beispielsweise ein hohler Conus herzustellen sein, wie ihn Fig. 267 zeigt, so hätte man zunächst einen geeigneten (entsprechend berechneten) Ringsektor auszuschneiden, dessen Ränder in früher (S. 153) beschriebener Weise zu vereinigen, und schließlich das Ganze zu vulkanisiren.


Fig. 267.

2) **Glasrohrverlängerung.** Soll eine absolut luftdichte Verbindung zwischen zwei Glasröhren hergestellt werden, so ist das Zusammenlöthen derselben die einzige zuverlässige Verbindungsweise. Besitzen die beiden Stücke nicht gleichen Durchmesser, so erweitert man zunächst das Ende der engeren auf den Durchmesser der weiteren.


Fig. 268.

3) **Glasrohr-T-Stück.** Zum seitlichen Ansetzen eines Glasrohrs an ein anderes ist die Verlöthung, abgesehen von sehr weiten oder starkwandigen Röhren, nicht nur die zuverlässigste, sondern auch bequemste Verbindungsmethode. Bei Anlegung größerer Leitungen fertigt man diese T-Stücke


Fig. 269.

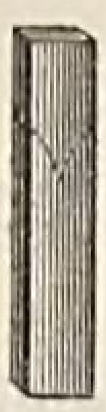
für sich an und verlöthet dann erst deren Enden mit den langen Röhren.


Fig. 270.

4) **Glasrohreinsatz.** Um eine engere Röhre in eine weitere einzusetzen, wie es die Figur zeigt, hätte man zunächst das Ende des weiteren Rohres durch Ausziehen und Aufblasen zu verschließen, alsdann ähnlich wie im vorigen Falle eine Oeffnung zu erzeugen, das engere Rohr an der betreffenden Stelle durch Aufblasen so zu erweitern, dass es gerade in die Oeffnung einpasst, und nunmehr festzulöthen. Es ist dabei nöthig, das frei in das weitere Rohr hineinragende Ende während der Löthung durch einen Kork in seiner Lage festzuhalten. Das genaue Einsetzen eines engeren Rohres in ein weiteres erfordert erheblich mehr Uebung als das einfache Verlöthen, und zudem entsteht leicht nachträglich an der Löthstelle ein Sprung, falls sie nicht sorgfältig hergestellt wurde. Wenn möglich, zieht man daher Verbindung durch Einkitten oder mittels eines Korkes vor.


Fig. 271.

5) **Angeschweifster Eisenstab.** Die Schweißung von schmiedeeisernen Gegenständen ist eine Arbeit, die dem Ungeübten leicht misslingt und deshalb thunlichst zu vermeiden ist. Sie wird also nur dann Anwendung finden, wenn der betreffende Gegenstand ganz aus Eisen bestehen und die Verbindungsstelle nicht sichtbar sein soll. Die punktirte Linie in der Figur stellt den Verlauf der Schweißnaht vor.


Fig. 272.

6) **Verstählung.** Während Eisen durch ein beträchtliches Maß von Zähigkeit und Biegsamkeit, Stahl durch große Härte ausgezeichnet ist, besitzt ersteres den Nachtheil geringerer Härte, letzterer den der Sprödigkeit. Um nun beide Vorzüge zu vereinigen, wird nicht selten der Haupttheil eines Geräthes aus Eisen gefertigt, und an denjenigen Stellen, die größere Härte besitzen sollen, etwas Stahl angeschweißt. Letzterer wird dabei, wie durch die punktirte Linie angedeutet ist, in einen Schlitz eingesetzt.


Fig. 273.

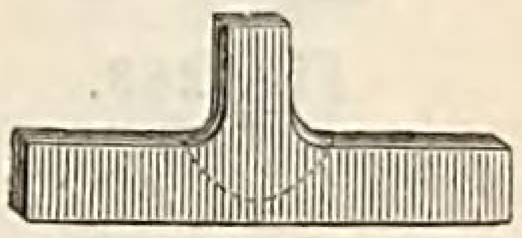
7) **Geschweifster Eisenring.** Die Trennungsfläche muss schief verlaufen, entweder so wie die Figur andeutet, oder senkrecht dazu, d. h. parallel der Ebene des Ringes. Die Arbeit ist ziemlich schwierig und erfordert Uebung.


Fig. 274.

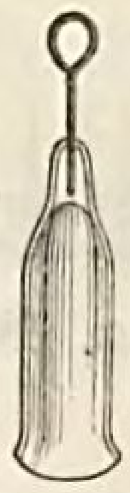
8) **Aufgeschweifster Eisenring.** Sehr häufig ist an einer bestimmten Stelle eines Eisenstabes eine Verdickung nöthig. Soll dieselbe nicht beträchtlich sein, so kann sie durch Stauchen erzeugt werden, andernfalls ist es nöthig, einen Ring aufzuschweißen. In manchen Fällen genügt Aufziehen, d. h. der Ring, dessen Oeffnung etwas kleiner als der Querschnitt des Stabes

ist, wird im heißen, also ausgedehnten Zustand, aufgeschoben und nun sich selbst überlassen. Durch die beträchtliche Contraction beim Erkalten entsteht genügende Spannung, um ihn festzuhalten.

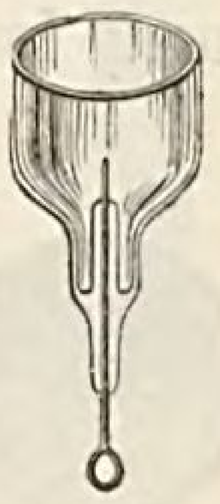
9) **Geschweifstes T-Stück.** Ein schmiedeeisernes T-Stück kann entweder dadurch erhalten werden, dass man einen genügend dicken Eisenstab theilweise gabelförmig aufschlitzt und nun die beiden Zinken auseinanderbiegt, oder durch Schweißung. In letzterem Falle wird der eine Eisenstab seitlich abgeschrägt, das Ende des anzusetzenden ebenfalls, und nun die beiden schrägen Flächen aufeinander geschweißt.


Fig. 275.

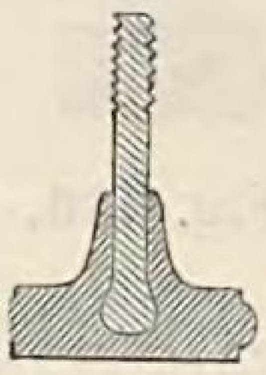
10) **Eingeschmolzener Platindraht.** Platin besitzt nahezu gleichen Ausdehnungscoefficienten wie Glas. In Folge dessen ist es möglich, wenigstens dünne Platindrähte in Glas einzuschmelzen, ohne dass nachträglich ein Zerspringen des letzteren erfolgt. Es ist nöthig, den Draht vor dem Einschmelzen stark auszuglühen.


Fig. 276.

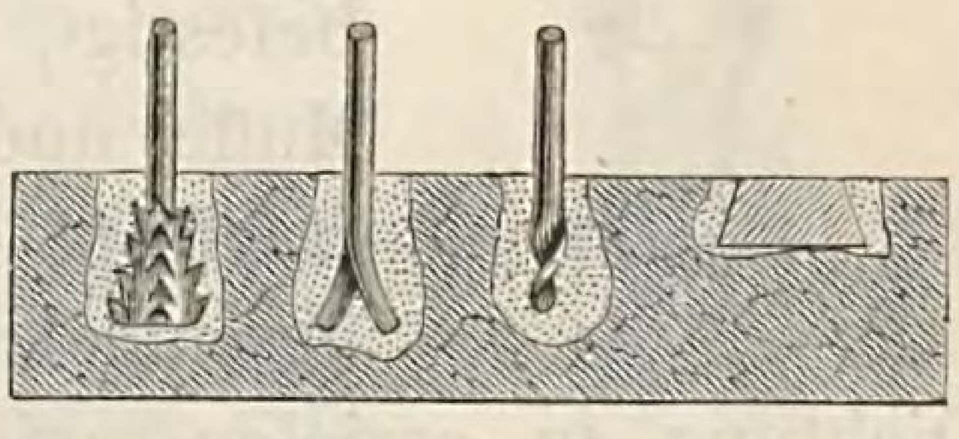
11) **Platinelektrode.** Besonders wichtig ist das Einschmelzen von Platindrähten für die Herstellung von Elektroden in gläsernen Apparaten. Wird dabei ein absolut luftdichter Verschluss und Widerstandsfähigkeit gegen beträchtliche Temperaturschwankungen verlangt, so ist es nöthig, den Platindraht zunächst auf größere Länge in ein Capillarrohr einzuschmelzen, und erst dieses in das weitere Rohr einzulöthen. Glasbläser verwenden häufig mit großem Vortheil geschmolzenen Kryolith, der besser an Platin haftet als gewöhnliches Glas.


Fig. 277.

12) **Angegossener Schraubenkopf.** Eine einfache Methode der Herstellung von Schrauben mit Köpfen und dergl. besteht in dem Angießen dieser Köpfe. Das eingegossene Ende des Stieles muss breit geschlagen oder in anderer Weise deformirt sein, damit keine Lockerung möglich ist. Für einigermaßen exakte Arbeiten ist diese Methode übrigens nicht zu empfehlen.


Fig. 278.

13—16) **Eingegypste Bolzen und Dübbel.** Um Eisenstäbe oder Holzstücke in Mauerwerk zu befestigen, meißelt man zunächst eine Vertiefung, befestigt den einzusetzenden Gegenstand in der gewünschten Weise und füllt nun die Höhlung, nachdem man sie zuerst oberflächlich benässt hat, mit Gypsbrei aus. Eisentheile erhalten, wie die Figur zeigt, entweder Widerhaken, oder gabelförmige


Fig. 279—282.

oder schraubenförmige Enden. Holztheile müssen vorn geringere Dicke besitzen als hinten.



Fig. 283.

17) **Eingekittete Scheibe.** Um eine Glasscheibe auf hölzernem Rahmen zu befestigen, dient der bekannte Glaserkitt, welcher nach vorläufiger Befestigung der Scheibe durch feine Stiftchen mittels eines sogenannten Kittmessers längs der Ränder aufgestrichen wird. Soll, wie z. B. bei Blechgefäßen, der Verschluss ein wasserdichter und gegen Temperaturänderungen einigermaßen widerstandsfähiger sein, so ist es zweckmäßig, einen übergreifenden Blechrand anzubringen, welcher nach dem Einsetzen der Scheibe übergedrückt wird.

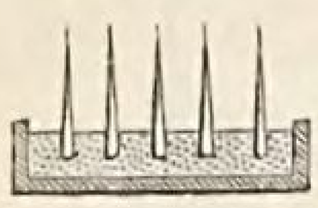


Fig. 284.

18) **Eingeschmolzene Nadeln.** Um eine Reihe Nadeln in möglichst gleichmäßiger Stellung und Entfernung in einer Metallplatte zu befestigen, verzinnt man die stumpfen Enden, steckt die Nadeln in der gewünschten Weise mit den Spitzen in ein Stück Korkholz und taucht nun die verzinnten Enden in eine Schicht geschmolzenen Bleis. Nach dem Erstarren wird das Korkholz entfernt und die gewünschte Vorrichtung ist fertig.



Fig. 285.

19) **Eingekittete Achse.** Die Befestigung einer Steinscheibe, z. B. eines Schleifsteins, auf einer eisernen Achse wird ähnlich wie die eben erwähnten Beispiele ausgeführt. Stein und Stab werden zunächst in richtiger gegenseitiger Lage vorläufig befestigt, und nun die Höhlung mit einem geeigneten Kitt, z. B. Blei, ausgefüllt.

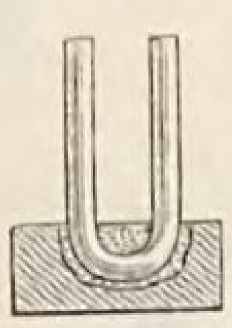


Fig. 286.

20) **Eingekittete Glasröhre.** Sollte es nöthig werden, z. B. ein U-förmiges Glasrohr in vertikaler Stellung zu befestigen, ohne dasselbe dabei zu erschüttern, so kann man in ein Brett eine passende Höhlung einstemmen, dieses Brett unter der Röhre befestigen und nunmehr die Höhlung mit geschmolzenem Harzkitt ausfüllen.

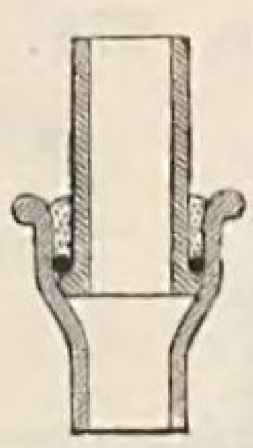
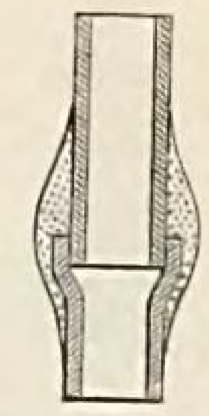


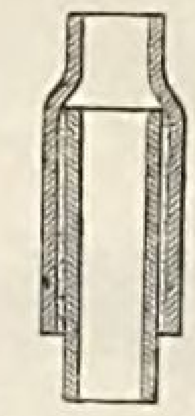
Fig. 287.

21) **Muffenverbindung von Eisenröhren.** Gusseiserne Wasserleitungsröhren werden derart ineinander befestigt, dass man in den ringförmigen Raum zwischen Muffe und Rohr zunächst einen mit Pech getränkten Hanfzopf eintreibt und nun den Rest der Höhlung mit geschmolzenem Blei ausfüllt. Um eine vollkommene Dichtung zu erzielen, wird letzteres noch nach dem Erkalten mittels stumpfer Meißel gegen die Rohrwände angetrieben. Liegt die Röhre horizontal, so muss die vordere Oeffnung bis auf die Eingussstellen mit Lehm verstopft werden.

22) **Löthung von Bleiröhren.** Solche Löthungen, wie sie bei Gas- und Wasserleitungsröhren häufig vorkommen, sind sehr leicht herzustellen. Das eine Rohr wird schwach muffenartig erweitert, das andere hereingesteckt, in dieser Lage befestigt und nun die Fuge dicht mit Zinnloth verstrichen.

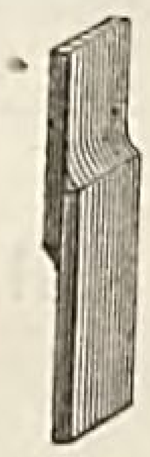

Fig. 288.

23) **Muffenverbindung von Glasröhren.** Dieselbe wird dann angewendet, wenn die Verbindung leicht wieder zu lösen sein soll, das Anbringen eines Schliffs (siehe »Röhrenverbindungen«) aber zu theuer wäre. Man wählt den ringförmigen Hohlraum zwischen Röhre und Muffe möglichst eng, erwärmt das ganze und lässt einen Tropfen leichtflüssigen, durchsichtigen Harzkitt sich in den capillaren Raum hineinziehen.

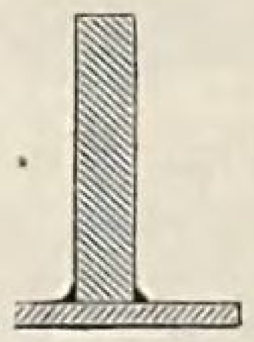

Fig. 289.

II. Verbindung durch Löthen und Leimen.

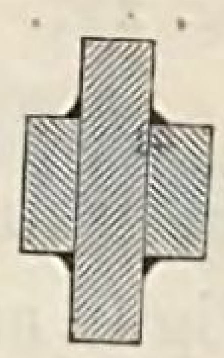
1) **Löthung von Blech.** Bei einer einfachen Löthung werden die beiden zu verbindenden Ränder, wie die Figur zeigt, etwas übereinandergelegt und mittels des Kolbens Zinnloth aufgetragen. Große Festigkeit besitzt aber eine derartige Verbindung nicht, so dass dann, wenn bedeutende Widerstandsfähigkeit verlangt wird, die Ränder vor der Löthung durch »Falzen« verbunden werden müssen.


Fig. 290.

2) **Aufgelötheter Stab.** Ein nicht zu dünner Metallstab kann derart auf einer Platte befestigt werden, dass man die Basis desselben eben feilt und etwas Zinn herumfließen lässt. Hat der Stab einigermaßen nennenswerthe Beanspruchungen auszuhalten, so muss mindestens das aufzulöthende Ende desselben rechtwinklig umgebogen und flach geschlagen werden, um derart eine größere Basis zu gewinnen. Wenn möglich, ist es indess zweckmäßiger, den Stab in eine Bohrung der Platte einzulöthen.


Fig. 291.

3) **Eingelötheter Stab.** Ist die Platte, in welche der Stab eingelöthet werden soll, beträchtlich dick, so dreht man den Stab genau auf den Durchmesser der Oeffnung ab, verzinnt beides, bestreicht wieder mit Löthwasser und treibt ihn in die erhitzte Platte ein. Bei dünneren Platten umgibt man die Ränder der Oeffnung mit ziemlich dicken Wülsten von Zinnloth, eventuell mit Hülfe der Löthlampe.


Fig. 292.

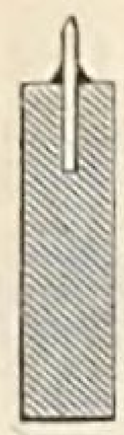


Fig. 293.

4) **Eingelötheter Stift.** Um zwei Stäbe durch Löthung zu verbinden, setzt man den dünneren in eine Bohrung des dickeren ein. Sind beide gleich dick, so erhält der eine einen dünneren Zapfen, der in die Bohrung des andern eingepasst wird.

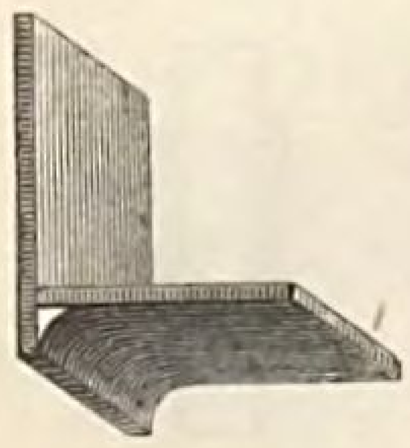


Fig. 294.

5) **Aeufsere Löthung im Winkel.** Diese Löthung wird z. B. dann nöthig, wenn es sich darum handelt, an ein cylindrisches oder prismatisches Gefäß den Boden anzufügen. Die einfache Ausführung, welche die Figur andeutet, ist zwar leicht und rasch beendet, besitzt aber geringe Festigkeit. Auch hier empfiehlt sich vorheriges Ueberfalzen. Statt außen kann das Loth auch innerhalb des Winkels aufgetragen werden, was in manchen Fällen dem Gegenstand besseres Aussehen verleiht.

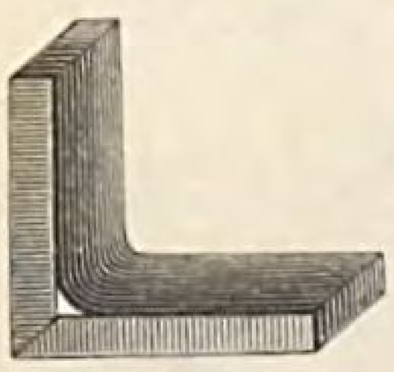


Fig. 295.

6) **Innere Löthung im Winkel.** Die in der Figur dargestellte innere Löthung unterscheidet sich von der ebenerwähnten dadurch, dass die beiden Bleche unter halbem rechten Winkel abgeschrägt sind. Dieselbe ist nur anwendbar bei dickeren Blechen und bietet gewisse Vortheile, wenn das Loth wesentlich nur die Fuge ausfüllen soll, da diese so am breitesten ausfällt.



Fig. 296.

7) **Löthung mit Abkantung.** Bei größeren Gefäßen aus schwerem Blech muss die gelöthete Kante eine gewisse Stärke besitzen, um den Kräften, welche sie aufzureißen streben, genügenden Widerstand entgegensetzen zu können. In solchem Falle wird der eine Blechrand rechtwinklig umgebogen, wie die Figur zeigt. Durch nachträgliches Ebenfeilen des Lothes mit der Zinnfeile kann außen scheinbar eine ganz scharfe Kante hergestellt werden.

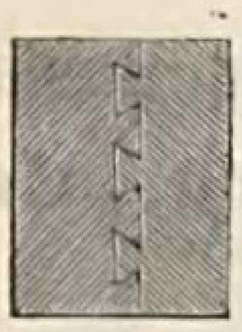


Fig. 297.

8) **Löthung mit Hartloth.** Hart- oder Schlagloth, welches eine kräftigere Verbindung liefert als Zinn und bei solchen Gegenständen, die höhere Temperaturen aushalten sollen, ausschließlich zu verwenden ist, fließt leicht und häuft sich nicht wie Zinn breiartig an einer Stelle an. Es ist deshalb sehr zweckmäßig und zuweilen unumgänglich nöthig, die beiden zu verlöthenden Ränder, wie in der Figur angedeutet ist, in einander zu »verzinken«.

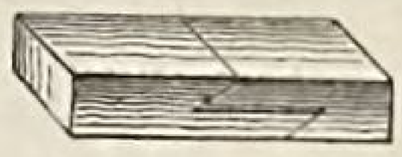


Fig. 298.

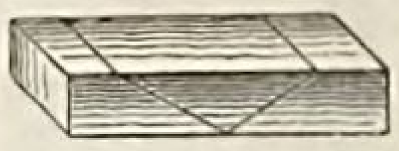
9) **Leimen von Pappe und Leder.** Stumpf aneinanderstoßende Ränder, direkt verleimt, besitzen so geringen Zusammenhalt, dass eine derartige Verbindung sehr selten zur Anwendung kommt. Gewöhnlich schrägt

man die zu verbindenden Ränder sehr flach ab, so dass die Berührungsfläche eine möglichst große Ausdehnung erhält.

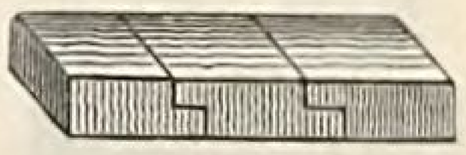
10) **Ueberplattung.** Dieselbe ist eine sehr häufig angewandte und recht zweckmäßige Verbindung zweier Brettstücke, insofern die übergreifenden Ränder die Widerstandskraft gegen Biegung erhöhen.


Fig. 299.

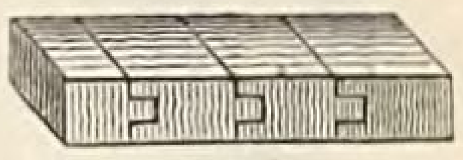
11) **Verlängerung.** Einfacher, aber auch weniger haltbar ist die in der Fig. 300 dargestellte Verbindungsweise, welche besonders bei Verlängerungen von Brettern Anwendung findet.


Fig. 300.

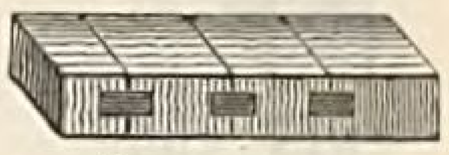
12) **Ueberfalzung.** Sind mehrere Bretter zu einer ausgedehnteren Fläche zu vereinigen, so müssen sie, wie Fig. 301 zeigt, überfalzt werden, um ein Zurückweichen einzelner Theile zu verhüten.


Fig. 301.

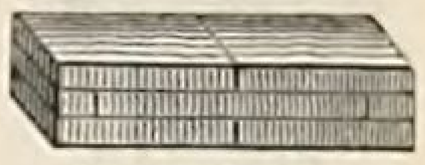
13) **Nuth und angestoſsene Feder.** Der Widerstand, welchen die eben beschriebene Verbindungsweise dem Verziehen entgegensetzt, ist nur ein einseitiger. Vollkommener wird der Zusammenhalt, wenn jedes Brett eine in eine »Nuth« des benachbarten eingreifende »Feder« erhält.


Fig. 302.

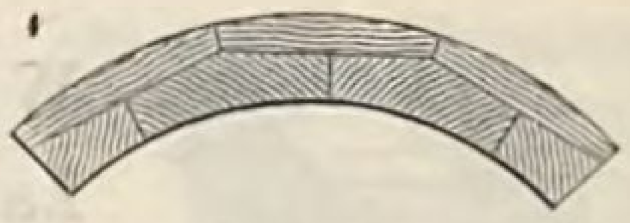
14) **Nuth und eingesetzte Feder.** Ist die verwandte Holzsorte weich, so ist bei der vorigen Verbindungsweise zu befürchten, dass die Feder nicht genügende Festigkeit besitze. Man kann dann beide Ränder mit einer Nuth versehen und eine Feder aus härterem Holze einsetzen.

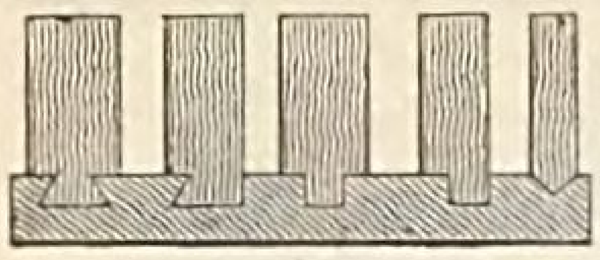

Fig. 303.

15) **Aus Rippen verleimtes Zargenstück.** Dicke Bretter oder Pfosten haben die unangenehme Eigenschaft, mit der Zeit rissig zu werden, indem die einzelnen Theile derselben sich gegen einander verziehen. Um dieses zu vermeiden, leimt man dickere Holzklötze aus mehreren Stücken zusammen, möglichst so, dass die Kraftwirkungen der einzelnen Stücke bei eintretender Neigung zum Verziehen sich gegenseitig aufheben.

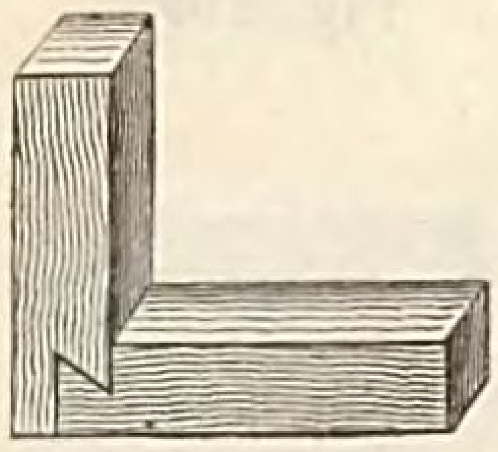

Fig. 304.

16) **Aus Rippen verleimtes Bogenstück.** Dünne Holztheile können, wie früher beschrieben, durch geeignete Präparation die Fähigkeit erlangen, dauernde Verbiegung anzunehmen. Dickere können aus einem größeren Brettstück ausgesägt werden, sehr dicke aber müssen, ähnlich wie die eben beschriebene Zarge, aus mehreren Stücken zusammengeleimt werden.

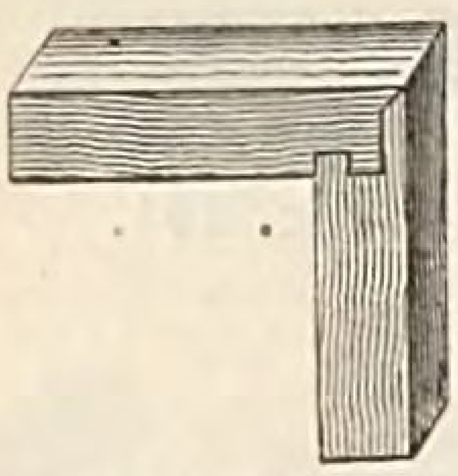

Fig. 305.


Fig. 306.

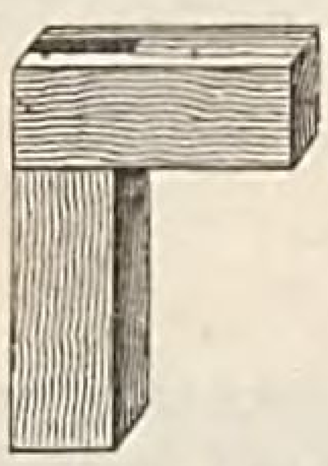
17) **Verbindung von Langholz.** Die Figur 306 zeigt verschiedene Verbindungsweisen von Langholz (Latten, Balken etc.), und zwar sind die rechts gezeichneten einfacher herzustellen, die links gezeichneten haltbarer.


Fig. 307.

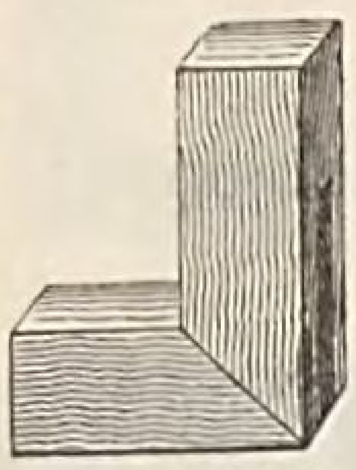
18) **Schwalbenschwanzverbindung.** Von besonderer Wichtigkeit wird die Verbindung von Langholz bei der Herstellung von Rahmen oder Gestellen, welche eine beträchtliche Festigkeit besitzen sollen. Fig. 307 zeigt eine derartige Verbindung.


Fig. 308.

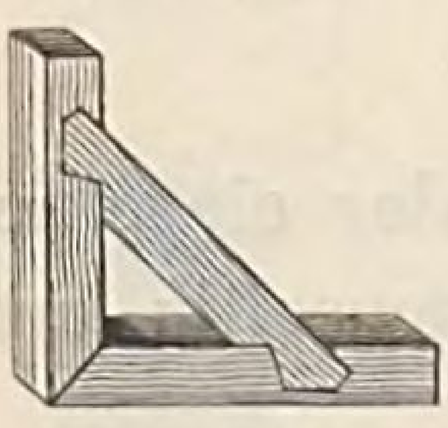
19) **Verbindung auf Nuth, Feder und Gehrung.** Die in der Fig. 308 dargestellte complicirtere Verbindung gewährt den Vortheil, dass weder auf der äußeren, noch auf der inneren Seite des Winkels die Hirnseite des Holzes zu sehen ist, und bietet außerdem etwas größere Festigkeit.


Fig. 309.

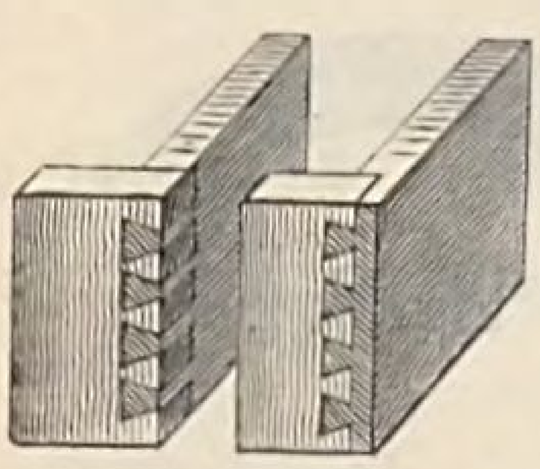
20) **Zusammenschlitz.** Eine sehr dauerhafte und deshalb häufig angewandte Methode ist die in nebenstehender Figur gezeichnete. Der vorspringende Zapfen des einen Theils ist in einen entsprechenden Schlitz des andern eingeleimt.


Fig. 310.

21) **Zusammenschlitz mit eingesetzter Feder.** Für die Herstellung bequemer ist es, wenn beide Stücke gleiche Schlitze erhalten, in welche die Feder, d. h. ein Stück eines harten dünnen Brettes, eingeleimt wird. Die hervorstehenden Enden werden nach dem Einleimen abgesägt.


Fig. 311.

22) **Eingezapfte Strebeleiste.** Eine sehr dauerhafte Verbindung im Winkel kann nur erzielt werden durch Verwendung einer Strebeleiste, die derart eingezapft wird, wie die Figur zeigt. Bei T-Stücken finden entsprechend zwei Strebeleisten Anwendung.


Fig. 312—313.

23) und 24) **Verzinkung.** Sind Brettstücke im Winkel mit einander zu verbinden, so sind einfache Zapfen ungenügend, man bringt deren eine ganze Reihe an. Um wenigstens auf einer Seite diese Zapfen zu verdecken, kann die »verdeckte« Verzinkung (Fig. rechts) gebraucht werden.

III. Verbindung durch Knüpfen und Flechten.

1) **Drahtspule.** Um Spiralen von Faden oder Draht festzuhalten, dienen in bekannter Weise Spulen. Wird dabei verlangt, dass die Bewicklung eine regelmäßige sei, so muss jeweils nach einigen Lagen Draht wieder eine Lage von sehr steifem Papier folgen.

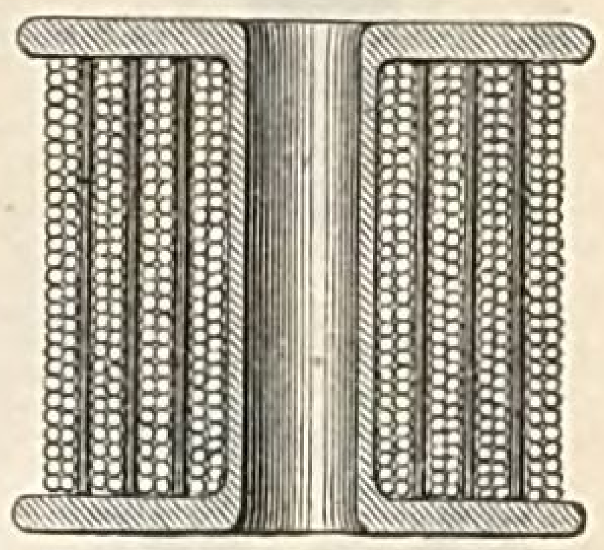


Fig. 314.

2) **Einfacher Knoten.** Der bekannte einfache Knoten erinnert, zu einer symmetrischen Figur auseinandergezerrt, an ein Kleeblatt. Complizirtere Knoten kann man in beliebiger Menge dadurch erhalten, dass man analoge Figuren mit 4, 5 und mehr Blättern und mit mehreren Reihen von Blättern übereinander bildet.

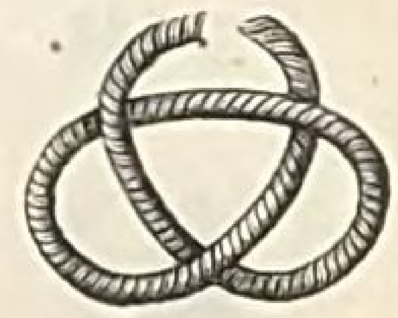


Fig. 315.

3) **Doppelter Knoten.** Denkt man die beiden linken Enden und ebenso die beiden rechten unter sich verbunden, so erkennt man leicht, dass das Ganze aus zwei einfachen Knoten zusammengesetzt ist.



Fig. 316.

4) **Leicht lösbarer Knoten.** Derselbe ist ein doppelter Knoten, bei welchem jedoch das eine Ende der Schnur eine Schleife bildend wieder zurückgeführt ist, so dass, wenn an diesem gezogen wird, der Knoten sich sofort wieder lösen muss.



Fig. 317.

5) **Weberknoten.** Die beiden Enden links sind frei, diejenigen rechts als zusammenhängend zu denken. Werden letztere angezogen, so zieht sich der Knoten sehr fest zusammen. Derselbe ist also sehr zuverlässig.



Fig. 318.

6) **Plattstich.** Bildet ähnlich wie der vorige eine feste und zuverlässige Verbindung und findet hauptsächlich zu nautischen Zwecken Verwendung. Zu symmetrischer Figur umgeformt, stellt derselbe eine vierblättrige Blume mit 2 Blattreihen dar.

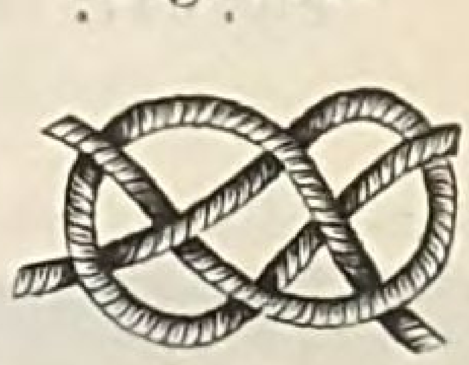


Fig. 319.

7) **Verlängerungsknoten.** Wie schon die Benennung andeutet und wie auch aus der Figur deutlich zu ersehen ist, gestattet derselbe, die Schnur, in welcher er angebracht ist, eventuell zu verlängern.



Fig. 320.

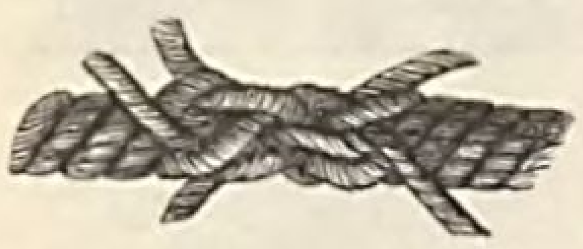
8) **Fischerknoten.** Zieht man an dem linken oberen und rechten unteren Ende, so schließt sich der Knoten; zieht man indess an den beiden andern, so öffnet er sich oder verlängert sich wenigstens.



Fig. 321.


Fig. 322.

9) **Kreuzknopf.** Derselbe sichert ein Tauende gegen Aufdrehen und entsteht, indem dasselbe in seine Haupttheile aufgelöst wird und letztere mit einander verschlungen werden.


Fig. 323.

10) **Tausplissung.** Dieselbe vermittelt, wie aus der Figur zu erkennen ist, die Verbindung eines starken Seiles mit schwächeren Seilen oder Schnüren und beruht ebenfalls auf Verflechten mit den Bestandtheilen des Hauptstranges.


Fig. 324.

11) **Geflochtene Oese.** Ist das Ende eines Seiles mit einer Oese zu versehen, etwa um einen Haken einzuhängen, so wird dasselbe aufgelöst und die dünneren Stränge dann an geeigneter Stelle eingeflochten und deren Enden mit Knoten versehen.


Fig. 325.

12) **Gebundene Oese.** Einfacher als das erwähnte Einflechten des Endes ist das Anbinden desselben. Die Verbindung ist indess weniger sicher und unförmlich.


Fig. 326.

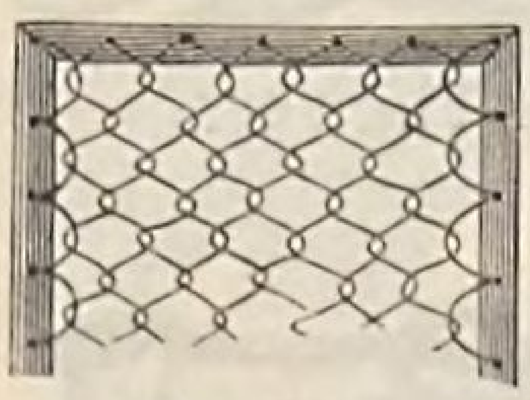
13) **Doppelter Schauermannsknopf.** Derselbe ist ein in der Seemannskunst verwertheter Knoten in der Mitte eines Taues, durch Verschlingung der Einzelstränge gebildet.


Fig. 327.

14) **Zopf.** Eine Verschlingung dreier Schnüre, zuweilen zweckmäßig als Ersatz eines stärkeren Seiles zu verwenden.

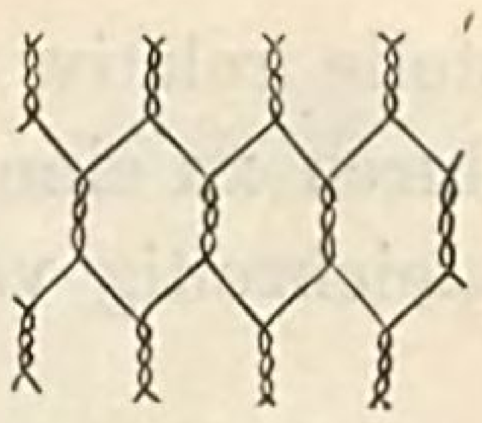

Fig. 328.

15) **Gewebe.** Die Figur zeigt die Struktur eines einfachen Gewebes. Dasselbe besteht aus zwei Systemen von Fäden, von welchen die in der Längenrichtung verlaufenden die »Kette« oder »Zettel« bilden, die andern den »Einschlag« oder »Schuss«.

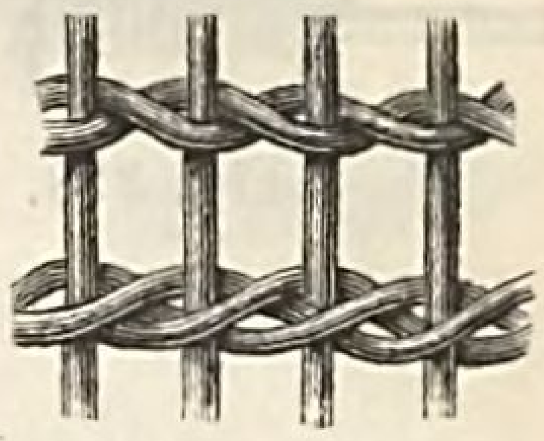

Fig. 329.

16) **Drahtgeflecht.** Durch Verflechtung von Drähten und Ueberkleben des Ganzen mit Papier kann zuweilen ein recht brauchbarer Schirm bei optischen oder elektrischen Versuchen, oder ein sichernder Ueberzug auf einem Glasballon und dergl. hergestellt werden. Die Art der Drahtverschlingung ist aus der Figur ersichtlich

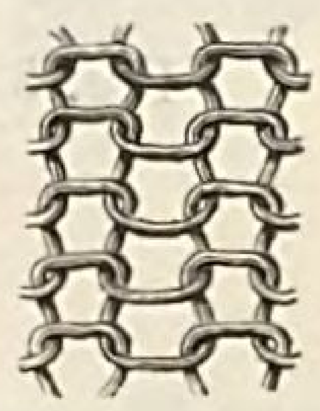
17) **Spitzengrund.** Die Art der Verschlingung der einzelnen Fäden ist ähnlich der vorigen und sofort zu erkennen. Sie findet ebenfalls bei Drahtgeflechten Anwendung.


Fig. 330.

18) **Rohrgeflecht** (Gaze). Rohrgeflechte sind im allgemeinen ähnlich wie Gewebe construirt. Die Figur zeigt zwei verschiedene Arten der Verschlingung.


Fig. 331.

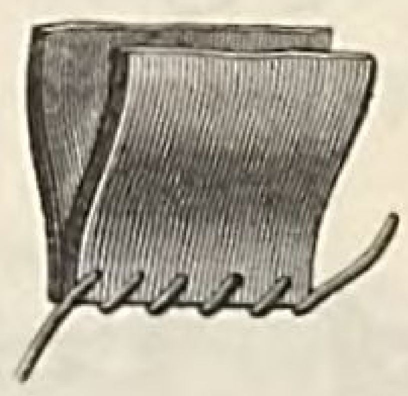
19) **Wirkwaare.** Ein Faden verläuft in Schlangenlinien derart, dass zwischen den einzelnen Windungen Oeffnungen, »Maschen« bleiben, deren Gestalt von der Art der Verschlingung abhängt.


Fig. 332.

20) **Steppnaht.** Sie findet z. B. zum Verbinden von Riemen Anwendung. Die zwischen den Oeffnungen liegenden Theile des Stoffes bilden gewissermaßen den Einschlag, der Faden die Kette eines Gewebes.


Fig. 333.

21) **Ueberwindungsnaht.** Der Faden bildet eine Spirale, welche die beiden zu verbindenden Stoffränder zwischen sich einschließt. Nach dem Nähen werden die beiden Blätter auseinander gebogen und umgedreht, so dass die Naht in die innere Seite des Winkels zu liegen kommt.


Fig. 334.

IV. Verbindung durch Falzen und Nieten.

1) **Eingehakte Drähte.** Die einfachste, aber auch am wenigsten zuverlässige Verbindung zweier Drähte ist diejenige durch Ineinanderhaken.


Fig. 335.

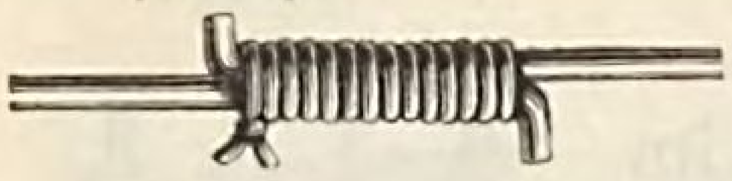
2) **Verbindung mittels Oesen.** Weit mehr Widerstandskraft bietet die in der Figur dargestellte Verbindung durch Oesen, welche durch Zusammendrehen der Enden erzeugt werden.


Fig. 336.

3) **Zusammengedrehte Drähte.** Man kann auch die Drahtenden unmittelbar zusammendrehen, wie die Figur zeigt, doch besitzt diese Verbindungsweise nur dann einigermaßen Sicherheit, wenn die Verbindungs-


Fig. 337.

stelle relativ ausgedehnt ist. Man kann aber dieselbe sehr leicht dadurch zu einer außerordentlich dauerhaften machen, dass man die Drähte gleichzeitig verlöthet.


Fig. 338.

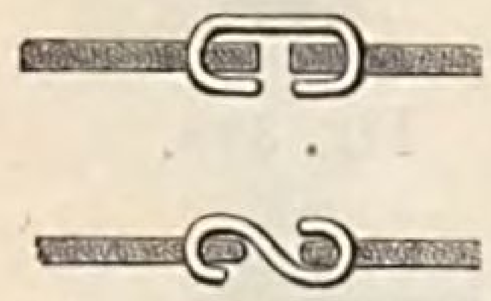
4) **Zusammengebundene Drähte.** Dickere Drähte, welche eine gewisse Spannung auszuhalten haben, verbindet man zweckmäßig, wie die Figur zeigt, durch straffes Umbinden mit dünnerem Draht. Gleichzeitiges Verlöthen ist auch hier nützlich.


Fig. 339.

5) **Kette.** Durch Zusammenbiegen von Drahtstücken zu Ringen und Ineinanderhaken der Ringe entsteht eine einfache Kette. Soll dieselbe beträchtliche Tragkraft besitzen, so müssen die Fugen der einzelnen Glieder gelöthet werden.


Fig. 340.

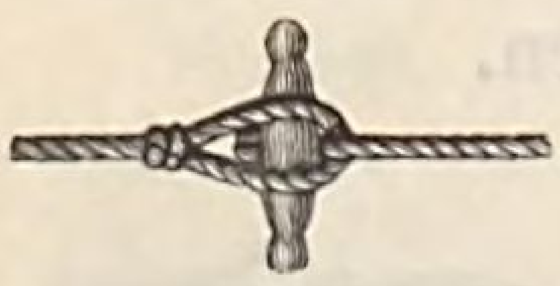
6) **Laschenkette.** Da bei einer gewöhnlichen Kette die Glieder gekreuzt sind, schmiegt sich dieselbe einer Fläche, z. B. der Oberfläche einer Rolle, über welche sie gespannt ist, nur unvollkommen an. Innigere Berührung wird erzielt durch eine Laschenkette.


Fig. 341—342.

7) und 8) **Hakenverbindungen.** Flache Haken werden häufig benutzt zur Verbindung von Riemen, S-förmig gebogene hauptsächlich zur Verbindung von Schnüren und Ketten.


Fig. 343.

9) **Schliefsring.** Im wesentlichen ist derselbe eine sehr kurze Spirale mit zwei Windungen. Er eignet sich gut zur Verbindung von Schnüren und Ketten, bietet große Sicherheit und lässt sich leicht entfernen.


Fig. 344.

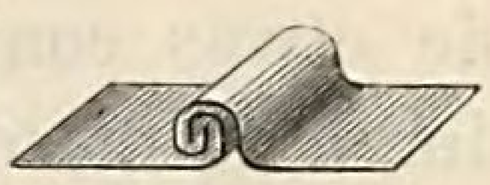
10) **Querstäbchen.** Bei Schnüren, welche gespannt bleiben, kann das in Fig. 344 gezeichnete Querstäbchen Anwendung finden. Eine solche Verbindung ist leicht herzustellen und auch leicht wieder zu lösen.


Fig. 345.

11) **Falz.** Der einfache Falz liefert eine ziemlich feste Verbindung zweier Bleche, wenn derselbe gut zugedrückt wird. Die Sicherheit wird bedeutend erhöht durch nachfolgendes Verlöthen.


Fig. 346.

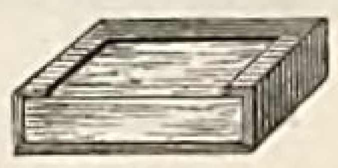
12) **Uebergeschobener Falzstreifen.** Reichen die Bleche zur Bildung eines Falzes nicht zu, oder kann das Einhaken nicht wohl bewerkstelligt werden, so schiebt man einen besonderen Falzstreifen über, wie die Figur zeigt.


Fig. 347.

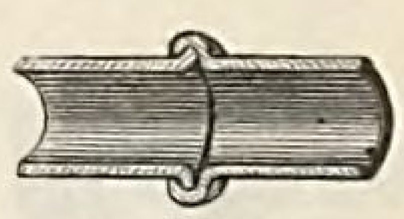
13) **Stehender doppelter Falz.** Ein Falz kann nicht allein zur Verbindung, sondern auch zur Versteifung des Ganzen dienen. Dieser Zweck wird noch besser dadurch erreicht, dass man denselben aufstellt. Ein solcher stehender Falz bietet z. B. bei Dachbedeckungen gleichzeitig einige Sicherheit gegen das Eindringen von Wasser.


Fig. 348.

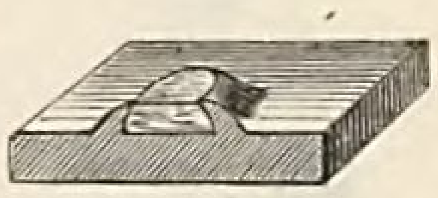
14) **Liegender doppelter Falz.** Zuweilen genügt auch der stehende Falz noch nicht, man gibt ihm also abermals eine Wendung und erzeugt so den liegenden Falz.


Fig. 349.

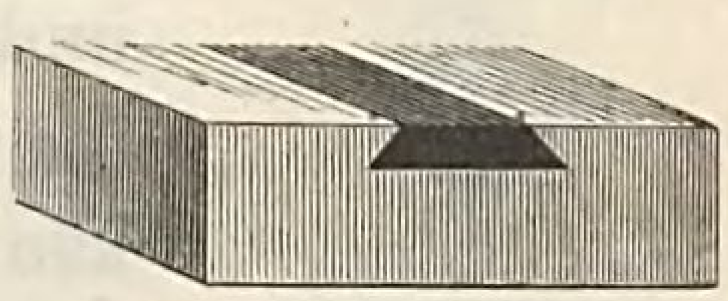
15) **Uebergebogener Blechrahmen.** Eine Glasplatte wird auf einer Blechscheibe befestigt, indem man die Ränder der letzteren aufbiegt und mit der nöthigen Vorsicht über die Glasplatte überdrückt.


Fig. 350.

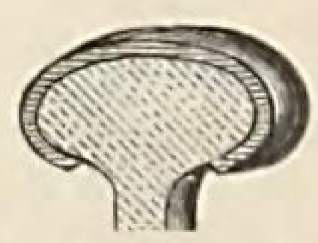
16) **Ueberfalzung von Röhren.** Weite Blechröhren können in der Weise aneinander angefügt werden, dass man den Rand der einen umlegt und den der andern darüberfalzt. Die Verbindung ist eine sichere und wird durch hohe Temperatur nicht beschädigt.


Fig. 351.

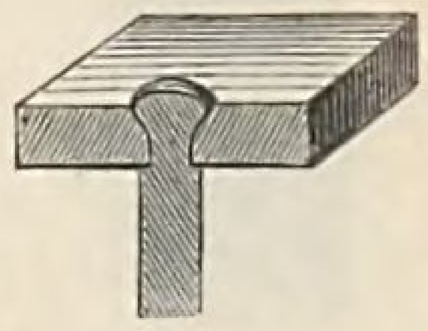
17) **Uebergedrückte Metallfassung.** Um Steine und dergl. auf einer Metallfläche zu befestigen, löthet man auf letztere einen Rand aus weichem Metall (Kupfer, Gold) mittels Hartloth und drückt denselben gegen den zu befestigenden Gegenstand an.


Fig. 352.

18) **Eingelegter Silberstreif.** Um etwa auf einem gusseisernen Stab eine Theilung auf Silber anzubringen, hobelt man eine unterschnittene Nuth ein und setzt in diese den von entsprechendem schwalbenschwanzförmigen Querschnitt gearbeiteten Silberstreifen ein. Derselbe wird zum Zwecke der Einführung zunächst etwas gewölbt und dann erst durch vorsichtiges Ueberhämmern unter Zwischenfügen eines Stückchens Flacheisen wieder gerade gerichtet und zugleich zum dichten Anschluss gebracht.


Fig. 353.

19) **Uebergedrücktes Blech.** Nichtmetallische Gegenstände erhalten zuweilen, sei es zum Schutze, sei es aus andern Gründen, einen Metallüberzug, der einfach übergedrückt wird, entweder mit der Drückbank oder durch eine Presse oder einfach durch Ueberhämmern.


Fig. 354.

20) **Nietung.** Zur dauernden Befestigung eines Metallstabes in einer Metallplatte versieht man ersteren mit einem Zapfen, welcher eben in die Bohrung der Metallplatte einpasst, versenkt letztere (d. h. erweitert

sie etwas conisch) und schlägt nun das hervorstehende Ende des Zapfens durch fortgesetztes Hämmern breit.

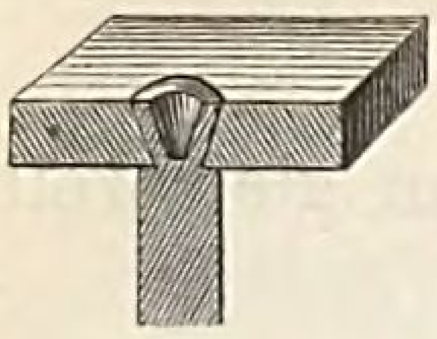


Fig. 355.

21) **Nietung dicker Stangen.** Massive dicke Stangen lassen sich durch Hämmern nur schwer genügend breit schlagen. In solchen Fällen ist es daher zweckmäßig, den Zapfen mit einer Bohrung zu versehen und denselben durch Eintreiben eines conischen Stempels zu erweitern.

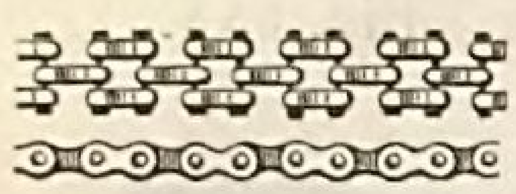


Fig. 356.

22) **Galle'sche Laschenkette.** Größere Laschenketten oder sehr kleine, welche exakten Gang besitzen sollen (z. B. in Taschenuhren) werden nicht aus Drähten gebogen, wie die oben unter Nr. 6 erwähnte, sondern aus einzelnen Gliedern zusammengenietet.

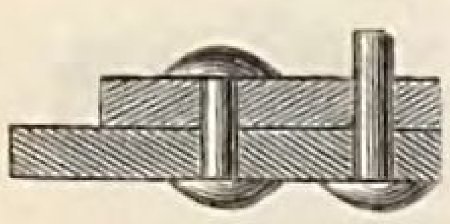


Fig. 357.

23) **Blechvernietung.** Zum Zusammenfügen dicker Bleche dienen die käuflich zu erhaltenden Nietnägel. In Fig. 357 ist rechts ein solcher vor der Vernietung, links nach derselben zu sehen. Bei dünneren Blechen würde durch das Breitschlagen des vorstehenden Endes das Blech verletzt oder der Nagel krumm gedrückt werden. Man legt deshalb in solchem Falle vor dem Vernieten noch eine kleine Blechscheibe unter, welche den zu erzeugenden breiten Kopf ersetzt.

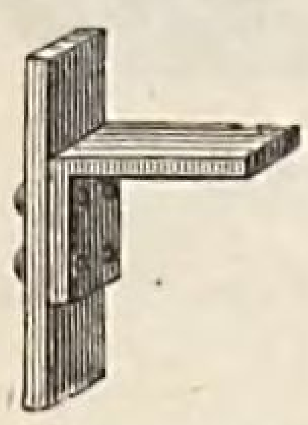


Fig. 358.

24) **Stangenvernietung.** Aus Flach- und Stabeisen lassen sich leicht allerlei zweckdienliche Gestelle und Geräthe herstellen. Die Verbindungen sind sehr sicher und dauerhaft, indess schwer zu lösen.

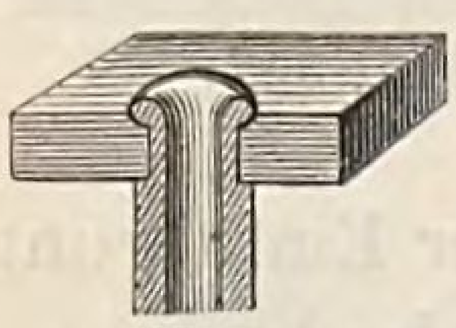


Fig. 359.

25) **Röhrenvernietung,** In dickere Metallplatten können Röhren einfach in der Weise dicht eingesetzt werden, dass man sie genau in die Bohrung einpasst und den vorstehenden Rand umnietet. Für größere Röhren, z. B. Siederöhren von Dampfkesseln, hat man besondere Werkzeuge, um das Rohr so aufzutreiben, dass es dicht an die Oeffnung anschließt.

V. Verbindung durch Keilen und Spannen.

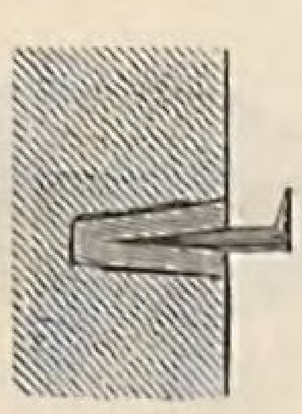


Fig. 360.

1) **Dübbel.** Nägel, welche gerade in die Fuge zwischen zwei Mauersteinen eingetrieben werden, halten sehr fest. Ist es nun aber nicht möglich, sich die Stelle auszuwählen, so muss man eine Oeffnung in den Stein einmeißeln, zunächst einen Holzzapfen, Dübbel, eintreiben und in diesen erst den Nagel.

2) **Eingetriebener Stift.** Aehnlich wie Nägel in Holz eingetrieben und dadurch befestigt werden können, lassen sich auch schlank conisch gearbeitete Stifte in Metall eintreiben. Letzteres muss allerdings zunächst eine dem Stift entsprechende, womöglich ebenfalls conische Bohrung erhalten.

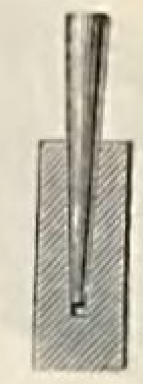


Fig. 361.

3) **Eingetriebene Achse.** Bei Metall lässt sich solches Verfahren selbst noch bei ziemlich großem Durchmesser des Stabes zur Anwendung bringen. So zeigt Fig. 362 das Ende einer Achse (etwas übertrieben conisch gezeichnet), welche dergestalt in eine Rolle befestigt ist. Allerdings ist die Verbindung wenig dauerhaft und unzuverlässig, dagegen sehr leicht zu lösen und wieder herzustellen.

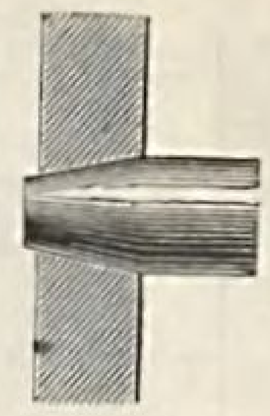


Fig. 362.

4) **Verbindung von Blechröhren.** Blechröhren, welche zu einem längeren Rohr mit einander verbunden werden sollen, fertigt man schwach conisch an, so dass sich die Enden ineinander schieben lassen. Werden dieselben mit einiger Kraft zusammengeschoben, so ist die Verbindung verhältnismäßig sehr haltbar und dauerhaft. Um sie wieder zu lösen, sucht man die Röhren auseinander zu ziehen und klopft gleichzeitig ringsum mittels des Hammers auf die Verbindungsstelle.

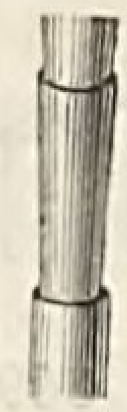


Fig. 363.

5) **Eingeschliffenes Mundstück.** Die erwähnte Verbindungsweise von Röhren findet auch bei dickeren, gedrehten Stücken zuweilen Anwendung, so namentlich bei Einfügung eines Mundstücks in eine Bohrung und dergleichen.



Fig. 364.

6) **Eingesetzter Zahn.** Zur Reparatur eines Zahnrades, dem ein Zahn oder eine ganze Reihe solcher ausgebrochen ist, setzt man ein passendes Stückchen Metall mit schwalbenschwanzförmigem Ansatz in eine genau entsprechend eingefeilte Lücke mit einigem Zwang ein und sichert die Verbindung schließlich noch dadurch, dass man in die Fuge etwas Loth einlaufen lässt.

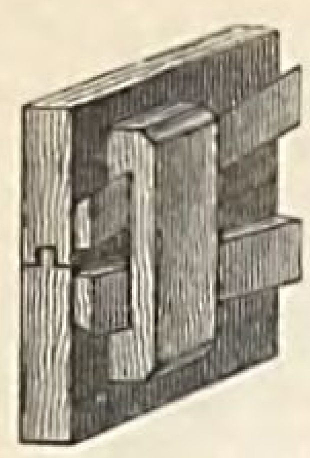


Fig. 365.

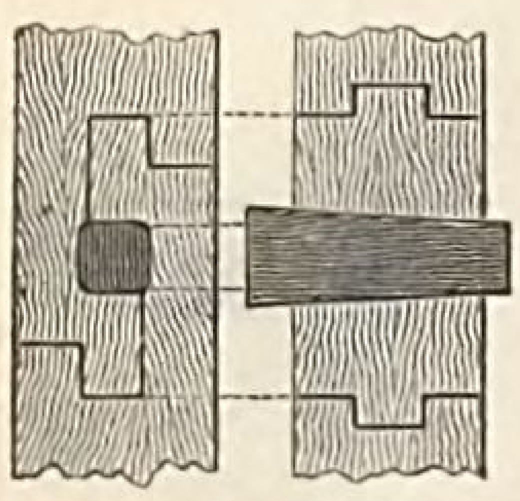
7) **Keilverbindung.** Um starke Holzstäbe in lösbarer Weise in andern oder in Balken zu befestigen, bilden einfache Keile ein ausgezeichnetes Mittel. Die Fig. 366 zeigt den Gebrauch derselben. Sehr vielfach dienen dieselben auch zur sicheren und leicht lösbaren Verbindung größerer Maschinentheile.



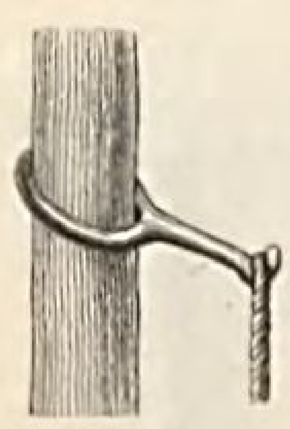
Fig. 366.


Fig. 367.

8) **Klammerverbindung.** Eine Klammer, wie sie die beistehende Figur zeigt, ist gewissermaßen ein umgekehrter Keil. Die zu verbindenden Brettstücke erhalten vorspringende, divergirende, abgeschrägte Leisten, welche gerade in die Höhlung der Klammer einpassen. Letztere wird wie ein Keil aufgetrieben.


Fig. 368.

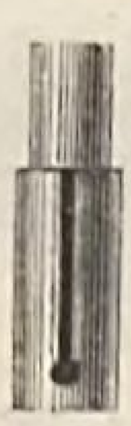
9) **Teufelsschluss.** Die in der Figur gezeichnete Verbindung zweier in gleicher Richtung liegender Holzstäbe gestattet nach keiner Richtung ein Ausweichen der zusammengesetzten Theile, ist also sehr zuverlässig, allerdings auch sehr complicirt.


Fig. 369.

10) **Selbstthätige Klemme.** Ein Ring, dessen Durchmesser etwas größer ist als die Stange, an welcher er befestigt werden soll, erhält einen einseitigen Fortsatz, an welchen die zu tragende Last angehängt wird. Der Ring stellt sich alsbald schief und klemmt sich um so mehr fest, je mehr die Last anzieht. Analog ist die Wirkung der früher (unter »Zusammenschrauben«) beschriebenen Gaszange.


Fig. 370.

11) **Schlauchbefestigung.** Um das freiwillige Ablösen eines Kautschukschlauches von dem Rohrende, an welches derselbe angestreift ist, zu hindern, genügt es, letzteres mit Wülsten zu versehen. Dieselben sehr dicht hintereinander anzubringen und die Rinnen sehr tief einzudrehen, wie dies häufig geschieht, ist nicht zweckmäßig.

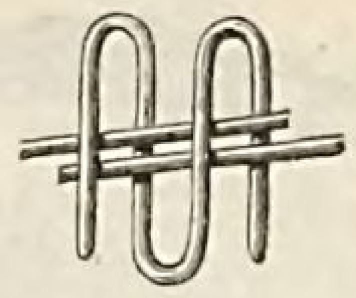

Fig. 371.

12) **Rohrklemme.** Soll ein in einer Hülse verschiebbarer Stab in bestimmter Stellung in ersterer festgehalten werden, und zwar nur mit mäßiger Kraft, so ist die einfachste Methode diejenige, die Hülse an einer oder zwei Seiten aufzuschlitzen, und die so entstandenen Lappen schwach nach innen zu drücken, so dass sie federnd den Stab halten.

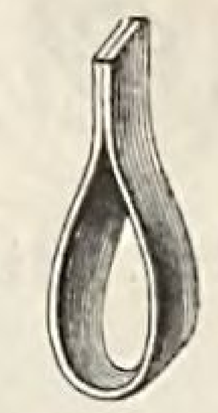

Fig. 372.

13) **Geschlitzte Schraubenmutter.** Ist die Hülse nicht an einem Ende, sondern seitlich befestigt, so kann sie auch der ganzen Länge nach geschlitzt werden. Derart werden häufig Schraubenmuttern geschlitzt, um die Schraubenspindel gegen selbständige Lösung zu sichern.

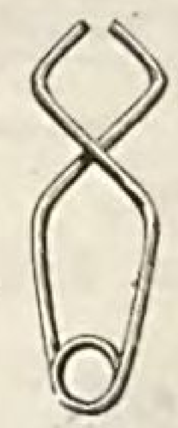
14) **Einfache Drahtklemme.** Um zwei Drähte vorübergehend miteinander zu verbinden, können Klemmen, wie sie die Figur zeigt, verwendet werden. Allerdings ist die Verbindungsweise sehr unsicher und verdient nur dann Empfehlung, wenn es sich, wie z. B. beim Zusammenlöthen von Gegenständen, um eine leicht herzustellende, nur vorläufige Befestigung handelt.


Fig. 373.

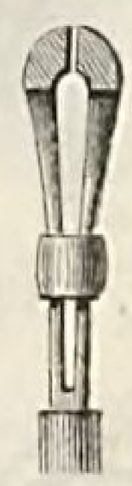
15) **Bandklemme.** Aus Stahlband oder anderen federnden Blechstreifen sind leicht Klemmen herzustellen, welche sich, wie die eben erwähnten Drahtklemmen, besonders zur vorübergehenden Befestigung leichter Gegenstände (Papier, dünnes Blech etc.) eignen.


Fig. 374.

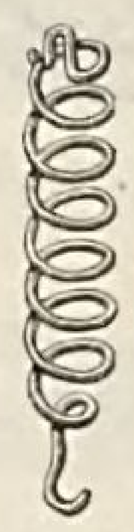
16) **Drahtklemme mit Spirale.** Als Reagensglashalter finden häufig einfache Drahtklemmen Verwendung, deren Federkraft dadurch erhöht ist, dass die beiden Schenkel durch eine kurze Spiralfeder mit einander verbunden sind.


Fig. 375.

17) **Schiebzange.** Bei manchen zangenartigen Instrumenten wird die Federkraft dadurch geweckt, dass auf die etwas divergirenden elastischen Schenkel der Zange ein Ring aufgeschoben wird.


Fig. 376.

18) **Cylindrische Drahtspiralfeder.** Eine Spirale aus federndem (Stahl- oder Messing-) Draht hergestellt, kann, falls ihre Windungen dicht aneinander liegen, dazu benutzt werden, zwei zu verbindende Gegenstände mit mehr oder minder starkem Druck an einander zu befestigen. Die Gestaltung der Enden ist aus der Figur zu ersehen. Liegen die Gänge der Spirale weit auseinander, so kann sie anstatt ziehend drückend gebraucht werden. Im letzteren Falle biegt man die Enden so, dass sie ebene Basisflächen darstellen.


Fig. 377.

19) **Bandfeder.** Federn, welche geringen Raum einnehmen und dabei dennoch kräftig wirken sollen, biegt man zweckmäßiger aus Stahlband, wie die Figur zeigt.


Fig. 378.

20) **Feder mit Ansatz.** Kleine Federn erhalten gewöhnlich die Form eines V. Der eine Schenkel wird mit einer Verstärkung versehen, welche ermöglicht, dieselbe zu befestigen, sei es durch Schrauben oder in anderer Weise.


Fig. 379.


Fig. 380.

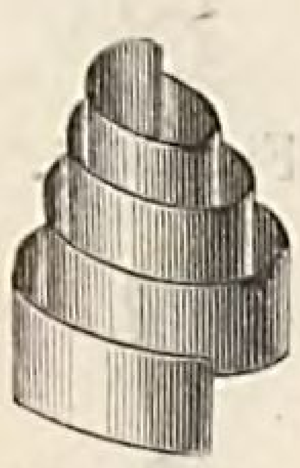
21) **Zusammengesetzte Feder.** Federn, welche sehr große Widerstandsfähigkeit besitzen sollen, werden aus mehreren Theilen zusammengesetzt, derart, dass die Mitte der Feder die meisten Auflagen erhält, die Enden nur wenige oder keine.


Fig. 381.

22) **Ebene Spiralfeder.** Die ebene Spiralfeder, wie sie als Uhrfeder allgemein bekannt ist, dient dazu, drehenden Kräften Widerstand zu leisten. Das eine Ende wird gewöhnlich durch einen Nagel befestigt, das andere durch einen Keil oder Stift.


Fig. 382.

23) **Conische Drahtspiralfeder.** Je nach den speziellen Umständen, die bei Anwendung einer Feder in Betracht kommen, kann es zweckmäßig werden, die Form derselben entsprechend zu ändern. So zeigt die Figur eine Uebergangsform zwischen cylindrischer und ebener Spiralfeder.

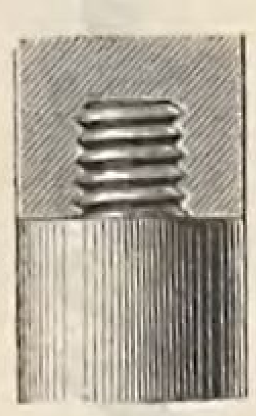

Fig. 383.

24) **Conische Bandspiralfeder.** Sehr kräftige Wirkungen gestattet die Bandspiralfeder. Sie dient deshalb z. B. häufig zur Befestigung der Puffer bei Eisenbahnwaggons.

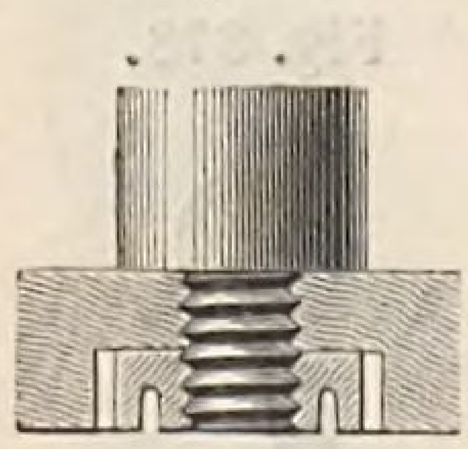

Fig. 384.

25) **Ringfeder.** Zum Zusammenhalten cylindrisch angeordneter Stäbe und dergl. können zwei ringförmige Federn Anwendung finden, von welchen die eine auf der Innen-, die andere auf der Außenseite angebracht wird. Ein übergestreiftes Kautschukband ist in manchen Fällen genügend oder sogar vorzuziehen.

VI. Verbindung durch Schrauben.


Fig. 385.

1) **Stangenverlängerung.** Einlöthen oder Einleimen liefert zwar eine dauerhafte Verbindung, allein das Lösen derselben ist mit Umständen und Schwierigkeiten verbunden. Häufiger wendet man deshalb die Verschraubung an, wenn schon ihre Zuverlässigkeit geringer ist.


Fig. 386.

2) **Eingeschraubter Stab.** Aus gleichem Grunde, der leichten Lösbarkeit halber, ist Verschraubung das gewöhnliche Mittel, einen Stab in einer Platte zu befestigen. Um die Verbindung einigermaßen zu sichern, ist es zweckmäßig, eine Gegenmutter anzubringen.

3) **Vordere Gegenschraube.** Lässt sich eine Gegenschraube nicht wie erwähnt auf der Rückseite der Platte anschrauben, so kann man dieselbe auch auf der Vorderseite anbringen. Die Figur zeigt außerdem die Verwendung einer Unterlegscheibe, welche gewissermaßen eine Verstärkung der Platte bildet und deshalb die Sicherheit erhöht, gleichzeitig auch das Anziehen der Schraube erleichtert und die Spannung der Verbindung vermehrt.

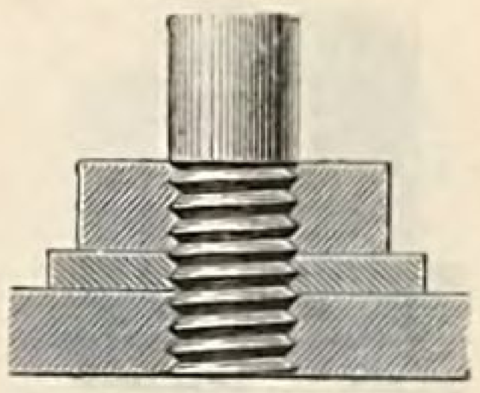


Fig. 387.

4) **Stange mit Ansatz.** Bei vorigem Beispiel vertrat die Schraubenmutter gleichzeitig den zur sicheren Befestigung nöthigen Ansatz. Wird nun aber die Schraubenmutter auf der Rückseite befestigt und besitzt die Schraube gleichen oder nur wenig geringeren Durchmesser als der Stab, so muss durch Anschweißen oder Anlöthen ein besonderer Ansatz auf dem Stab hergestellt werden.

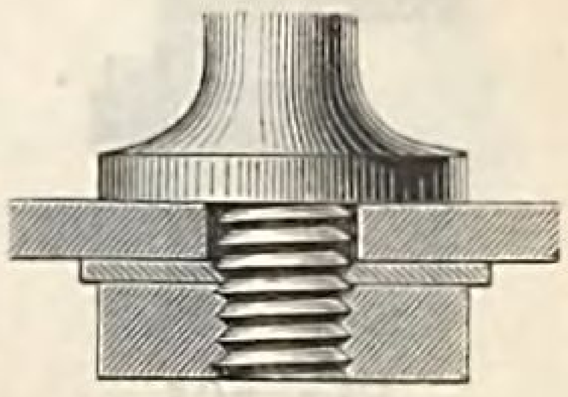


Fig. 388.

5) **Muffenverbindung.** Auch bei Verbindung eiserner (oder messingener) Röhren wird gewöhnlich Verschraubung dem Kitten oder Löthen vorgezogen. Die Muffe ist dabei nicht, wie bei der früher beschriebenen Rohrverbindung, fest an dem einen Theil befestigt, sondern mit beiden durch Verschraubung verbunden.

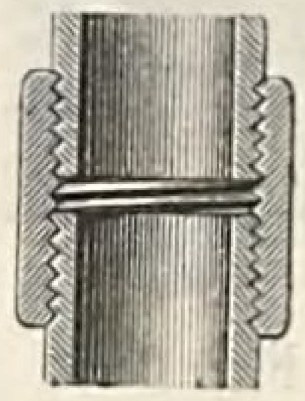


Fig. 389.

6) **Schrauben mit cylindrischem Kopf.** Zusammennieten wird bei feineren mechanischen Arbeiten ebenfalls möglichst vermieden und durch Anschrauben ersetzt. Am zweckmäßigsten verwendet man Schrauben mit cylindrischen Köpfen.

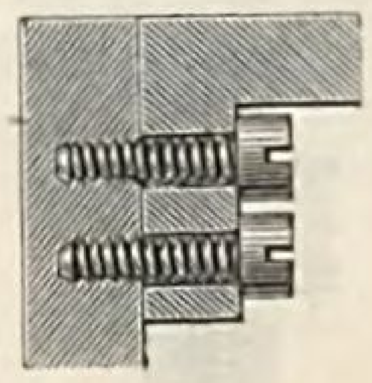


Fig. 390.

7) **Flachköpfige Schraube.** Darf der Kopf der Schraube nicht hervorragen, so verwendet man in der Regel Schrauben mit flachem Kopf. Die Bohrung wird dann der Größe des Kopfes entsprechend versenkt.

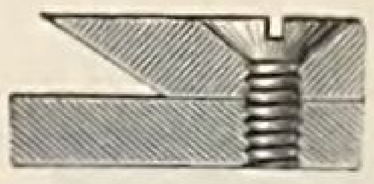


Fig. 391.

8) **Holzschraube mit viereckigem Kopf.** Dieselbe dient vorzugsweise zur Befestigung schwerer Eisentheile auf Holz oder auch zur Verbindung schwerer Holztheile untereinander.

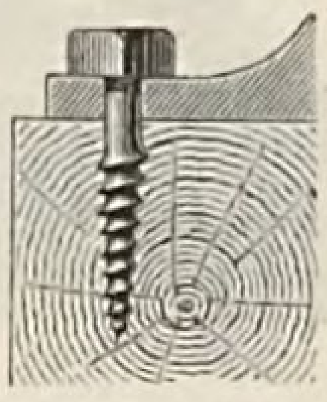


Fig. 392.

9) **Rundköpfige Schrauben.** Vorstehende scharfkantige Schraubenköpfe haben den Nachtheil, dass sie bei häufiger gebrauchten Gegenständen dadurch unangenehm werden, dass man sich an denselben verletzt. Rundköpfige sind frei von diesem Nachtheil, gewähren aber der Schneide des Schraubenziehers weniger Halt, können also nicht so fest angezogen werden.

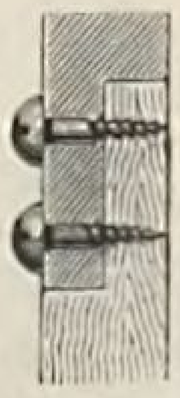
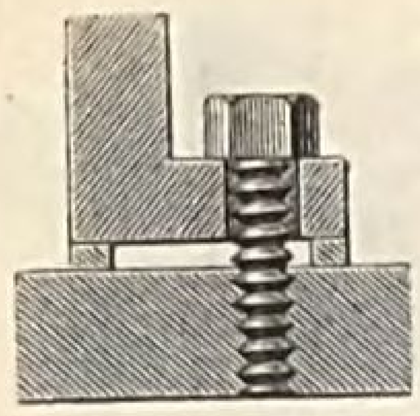
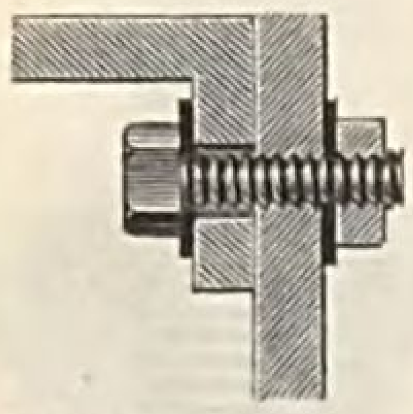


Fig. 393.


Fig. 394.

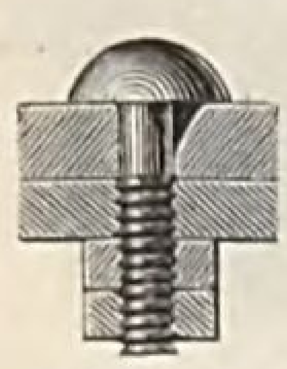
10) **Kopfschraube für Metall.** Bei Befestigung schwerer Eisentheile auf Eisen werden Kopfschrauben mit sechseckigem Kopf gebraucht. Es ist zweckmäßig, die Fläche, längs welcher sich die zu verbindenden Theile berühren, in der Mitte hohl zu gestalten. Dadurch wird nicht allein ein sicheres Aufliegen längs der Ränder erzielt, sondern auch die elastische Spannung, welche die Schraube festhält, vergrößert.


Fig. 395.

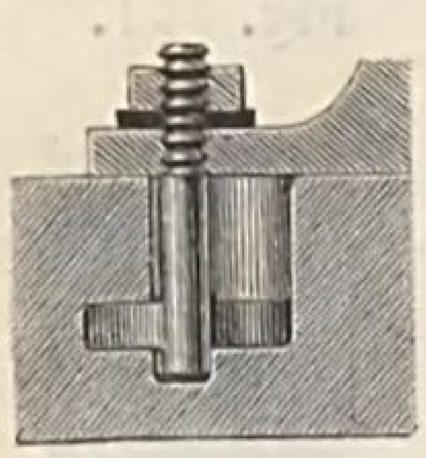
11) **Schraubbolzen mit Mutter für Metall.** Schraubbolzen mit Mutter sind besonders zur Verschraubung von Flacheisen oder dickeren Platten dienlich. Es ist zweckmäßig, sowohl unter den Kopf, wie auch unter die Mutter eine Scheibe unterzulegen.


Fig. 396.

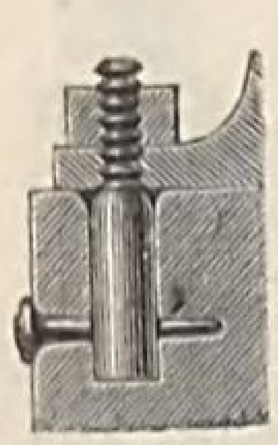
12) **Schraubbolzen mit Mutter für Holz.** Beim Anziehen der Muttern ist es bei den eben erwähnten Schraubbolzen unbequem, den Kopf mittels des Schraubenschlüssels festhalten zu müssen. Schraubbolzen, welche dazu dienen, Bretter mit einander zu verbinden, sind aus diesem Grunde unterhalb des Kopfes mit einer vierkantigen Verdickung versehen, welche sich in das Holz eindrückt und einem Drehen vorbeugt.


Fig. 397.

13) **Schraubbolzen mit Zahn.** Um auch bei Metallschrauben den gleichen Vortheil zu erzielen, wird unterhalb des Kopfes ein Zahn angebracht, welcher in einen entsprechenden ausgemeißelten Ausschnitt eingreift. Der Kopf erhält in solchem Falle halbkugelige Form.


Fig. 398.

14) **Schraubbolzen mit Bart.** Zuweilen ist es nicht möglich, einen Schraubbolzen ganz durch eine Platte hindurch zu führen. Es wird dann statt des Kopfes nur eine Art Schlüsselbart angebracht und die Bohrung in der Platte einseitig erweitert, um denselben einführen zu können. Unten muss eine Höhlung vorhanden sein, welche gestattet, den Bolzen um 180° zu drehen.


Fig. 399.

15) **Schraubbolzen mit Splint.** Eine Höhlung vorbeschriebener Art herzustellen, ist nur bei gegossenen Gegenständen thunlich, wobei dieselbe schon während des Gusses ausgespart wird. In andern Fällen hilft man sich durch einen seitlich eingesteckten Stift.

16) **Stiftschraube mit Vierkant.** Statt der beiden erwähnten Methoden kann auch eine Art Doppelschraube Verwendung finden, wie sie die Figur zeigt. Vor der einfachen Kopfschraube hat dieselbe den wesentlichen Vortheil, dass beim Lösen der Verbindung die Schraubenspindel in dem einen Theile stecken bleibt und nicht herausgenommen werden muss.

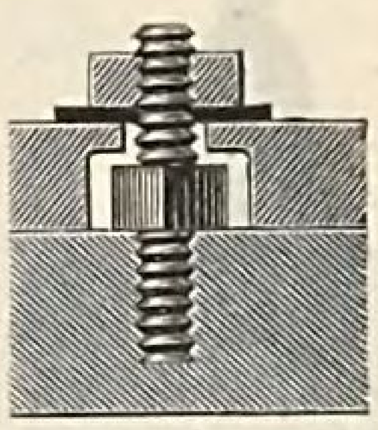


Fig. 400.

17) **Schraubbolzen mit 2 Gewinden.** Zur Verbindung zweier etwas weit von einander abstehender Theile kann man, wie Fig. 401 zeigt, einen beiderseits mit Gewinde und Muttern versehenen Stab benutzen, über welchen in der Mitte ein Rohr geschoben ist. Letzteres ist ein leicht herzustellender Ersatz der sonst erforderlichen Ansätze.

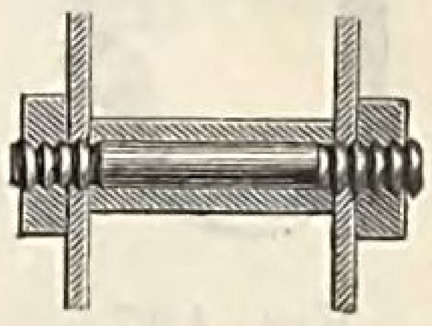


Fig. 401.

18) **Schraubbolzen mit Conus und Zahn.** Derselbe gewährt ähnlich wie Nr. 16 den Vortheil, dass beim Demontiren die Schraubenspindel stehen bleibt. Außerdem besitzt er keinen störenden Vorsprung und hält sehr fest.

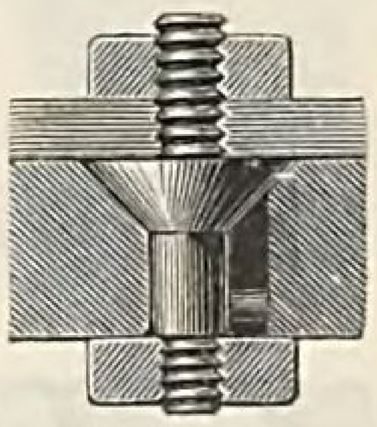


Fig. 402.

19) **Kautschuk - Unterlegscheibe.** Befinden sich Schraubenmuttern an Maschinentheilen, welche häufigen Erschütterungen ausgesetzt sind, so lösen sich dieselben zuweilen los. Um dies zu verhüten, kann man entweder eine zweite (Gegen-)Mutter anbringen, oder, wie die Figur andeutet, eine Kautschukscheibe oder eine kurze Spiralfeder unterlegen.

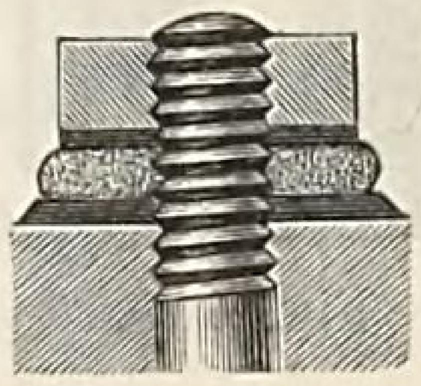


Fig. 403.

20) **Seitliche Sicherungsschraube und Splint.** Noch zuverlässiger wie durch eine elastische Unterlegscheibe kann eine Schraubenmutter durch eine seitlich angebrachte Schraube gesichert werden. Dieselbe muss in eine kleine Vertiefung der Schraube eingreifen. Am allersichersten ist ein ganz durch die Axe (hinter der Schraubenmutter) durchgetriebener Stift, dessen Enden umgebogen werden, ein sogenannter Splint.

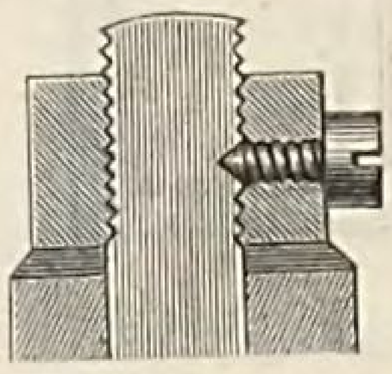
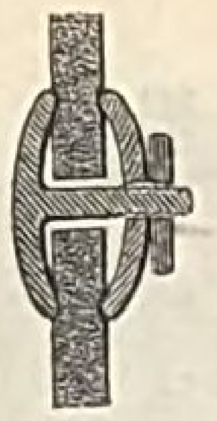


Fig. 404.

21) **Schraubenmutter mit Gabelsicherung.** Zuweilen wird auch, wie die Figur zeigt, eine Art feststehender Schlüssel zur Sicherung der Schraubenmutter benutzt. Kommt es indess nicht darauf an, die Mutter jederzeit bequem lösen zu können, so kann die Sicherung ohne weitere Hülfsmittel einfach dadurch bewirkt werden, dass man den obersten Schraubengang durch einige Hammerschläge etwas deformirt.



Fig. 405.

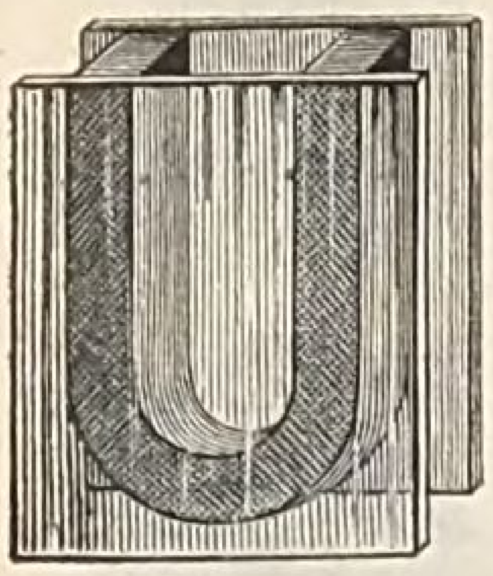

Fig. 406.

22) **Schraubenverbindung von Riemen.** Besonders geformte Schrauben werden angewandt zur Verbindung zweier Riemenenden. In der Figur ist eine solche dargestellt. Es kann auch die eine Schale derselben selbst als Schraubenmutter dienen und gleichzeitig mit entgegengesetzt laufendem äußeren Gewinde versehen sein, welches in das Leder eingeschraubt wird.


Fig. 407.

23) **Reif mit Verschraubung.** Um größere zusammengesetzte Gegenstände gegen etwaige Auflösung zu schützen oder auch, um dieselben überhaupt zusammen zu halten, dienen Reifen mit Verschraubung. Dieselben können mittels der Schraube fest angezogen werden.

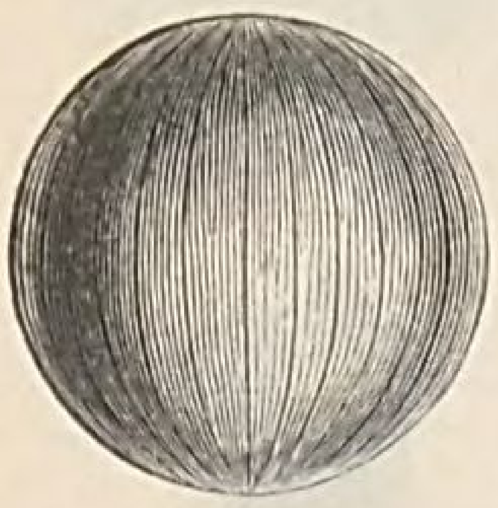
VII. Gefäfse.


Fig. 408.

1) **Glastrog mit parallelen Wänden.** Durch Glasblasen oder -gießen kann ein solches Gefäß nicht hergestellt werden, man muss also suchen, den Trog aus Glasplatten derart zusammen zu setzen, dass die Verbindung gegen die aufzunehmenden Flüssigkeiten dicht hält. Am einfachsten wird ein Glasstab oder -streifen U-förmig gebogen, beiderseits abgeschliffen und nun mit zwei Spiegelglasplatten so verkittet, wie es die Figur andeutet.


Fig. 409.

2) **Pappschachtel.** Man schneidet aus hinreichend starker Pappe Boden und Seitentheile in genau richtiger Größe und Form aus, schrägt dann die zusammenstoßenden Seiten ab, so dass sie sich dicht zusammenschließen, und leimt mit zähem Leim zusammen. Nach dem Festwerden des Leimes überklebt man das Ganze innen und außen mit dünnem Papier unter Anwendung von dünnem Leim oder Kleister.


Fig. 410.

3) **Ballon.** Ballons aus Seidenpapier werden aus zahlreichen Streifen zusammengesetzt, deren Form nach bekannten geometrischen Regeln leicht zu finden ist. Man klebt dieselben an den Rändern zusammen und zwar zweckmäßig über ein genau passendes Modell, z. B. eine hölzerne Kugel. Sind so zunächst zwei Halbkugeln hergestellt, so klebt man diese zusammen, aber ohne Modell. Um von innen aus die zu verklebenden Ränder andrücken zu können, lässt man zunächst an einem Pol eine Oeffnung und führt

durch diese ein geeignetes Werkzeug, z. B. einen gebogenen Draht ein. Später wird die Oeffnung mit einer kleinen Scheibe zugeklebt.

4) **Kupferkessel.** Metallgefäße können leicht durch Verlöthen aus Blech (namentlich Weißblech) hergestellt werden. Soll die Löthung starker Erhitzung widerstehen, so wählt man Kupferblech und verlöthet dasselbe mit Schlagloth. Die zusammenzufügenden Ränder müssen in solchem Falle sorgfältig ineinander verzinkt werden. Um auch den Boden einzinken zu können, treibt man den Rand der Seitenflächen einwärts, so dass er in die Ebene der Bodenfläche kommt, die Löthung also hier und nicht längs der Kante stattfindet.

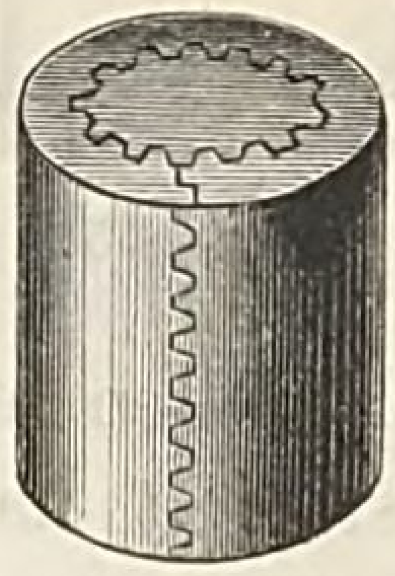


Fig. 411.

5) **Gefalzter Blechkessel.** Um weichgelötheten Blechgefäßen einige Steifigkeit zu geben und sie zu befähigen, größeren Druck auszuhalten, werden die Fugen nicht einfach verlöthet, sondern zugleich überfalzt. Man bördelt zunächst die Seitenwände um, zeichnet sich dann (nicht früher) das Bodenblech genau entsprechend und falzt es über. Um auch dem oberen Rand Steifigkeit zu geben, bördelt man denselben ebenfalls um und falzt einen Draht ein. Bei prismatischen Gefäßen, die sich leichter durchbiegen als cylindrische, löthet man einen Wulst an. Die Fuge wird völlig mit Zinn ausgefüllt und eben gefeilt, so dass es den Anschein gewinnt, es sei der Wulst nicht angelöthet, sondern angebogen.

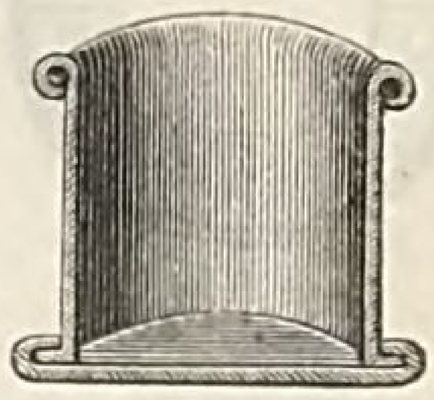


Fig. 412.

6) **Aufsen genieteter Blechtrog.** Gefäße aus starkem Eisenblech werden mittels Nieten verbunden. Am einfachsten erfolgt die Nietung außen, weil so die Fuge während der Arbeit am leichtesten zugänglich ist. Starkes Blech lässt sich, ohne brüchig zu werden, im kalten Zustande nicht umbiegen, man muss es also glühend umhämmern. Für größere Gefäße würde dies mit Schwierigkeiten verbunden sein, die Verbindungsweise eignet sich also nur für kleinere.

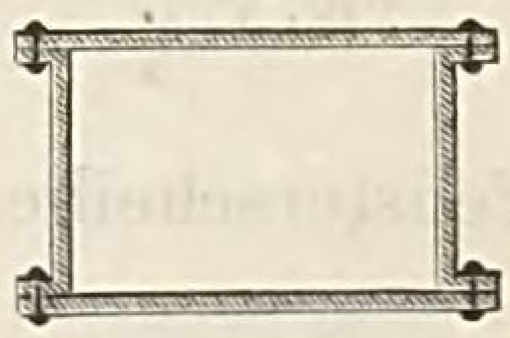


Fig. 413.

7) **Innen genieteter Blechtrog.** Auch für diesen gilt das eben Bemerkte. Er hat vor dem vorigen den Vorzug eines gefälligeren Aeußeren und größerer Haltbarkeit bei starkem Druck, da dieser mehr auf Schließen der Fuge als auf Oeffnen hinwirkt. Die Herstellung ist aber insofern schwieriger, als die Fuge der Bearbeitung weniger leicht zugänglich ist. Um ein dichtes Schließen zu erzielen, wird unter Zuhülfenahme eines stumpf abgeschliffenen Meißels der vorstehende Rand der einen Platte gegen den anderen angehämmert (verstemmt).

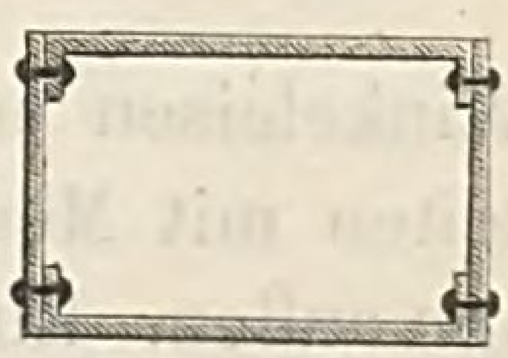


Fig. 414.

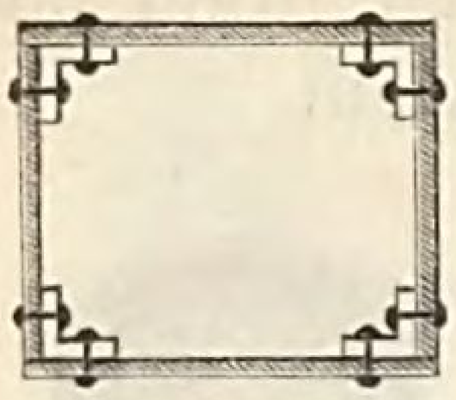


Fig. 415.

8) **Verbindung durch Winkeleisen.** Sehr geeignet zur Herstellung von Gefäßen aus starkem Blech ist das im Handel in den verschiedensten Dimensionen zu erhaltende Winkeleisen. Das schwierige Umbiegen der Eisenplatten wird hierdurch gänzlich vermieden. Man könnte scharfkantiges Winkeleisen verwenden, welches sich außen aufnieten lässt, gewöhnlich aber benutzt man der größeren Festigkeit halber gerundetes, welches innen eingenietet wird, wie es die Figur andeutet.

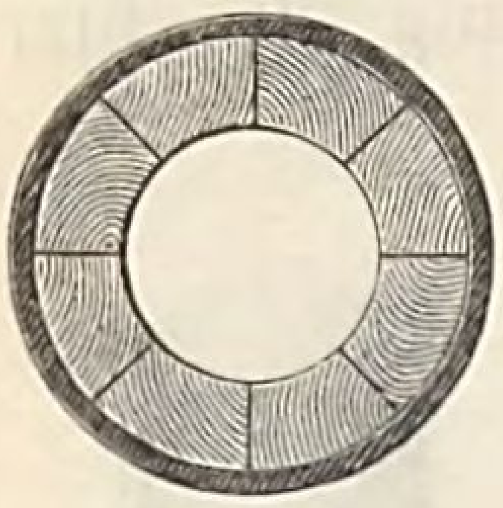


Fig. 416.

9) **Holzgefäfs mit Reif.** Wasserdichte Holzgefäße, welche aus mehreren Theilen zusammengefügt werden müssen, lassen sich kaum anders als in der bekannten Weise durch Reifen zusammenhalten. Beim Austrocknen des Gefäßes zieht sich das Holz zusammen und die Reifen fallen ab. Es ist daher zweckmäßig, dieselben durch einige Nägel an ihrer Stelle zu fixiren. Um das Holz gegen die Flüssigkeit zu schützen, kann man dasselbe mit Pech, Wachs, Paraffin und dergl. überziehen. Risse verkittet man mit sogenanntem Marineleim oder verstopft mit Werg und Pech.

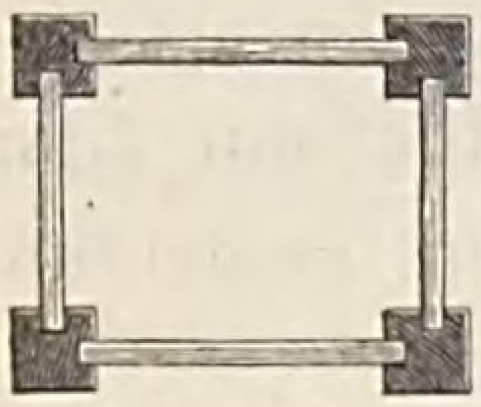


Fig. 417.

10) **Glaskasten.** Glaskästen zum Schutze feiner Instrumente vor Staub und Luftzug werden gewöhnlich in der Weise hergestellt, dass man Glasplatten durch Stäbe aus hartem Holz, in welche entsprechende Nuten eingehobelt sind, verbindet. Häufig genügt es auch, statt einer Nuth einfach einen Ansatz anzubringen und in das fertige Holzgestell die Scheiben nach Art der Fensterscheiben durch einige Stifte und Kitt zu befestigen.

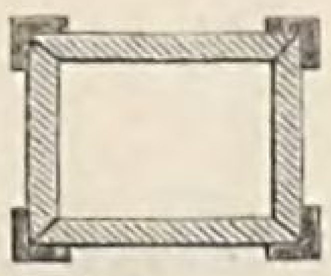


Fig. 418.

11) **Trog aus Glasplatten.** Größere Tröge zur Aufnahme von Flüssigkeiten müssen aus hinreichend starken Glasplatten angefertigt werden. Man schrägt dieselben an den Rändern ab, so dass sie möglichst gut zusammenpassen. Alsdann fertigt man ein genau passendes, nicht zu schwaches Gestell aus scharfkantigem Winkeleisen oder winkelförmigen Messingschienen, bestreicht die Innenseiten mit Mennigekitt, setzt die Glasplatten ein und verkittet nochmals von außen. Ein Ueberschuss des Kittes wird vor dem Festwerden beseitigt.

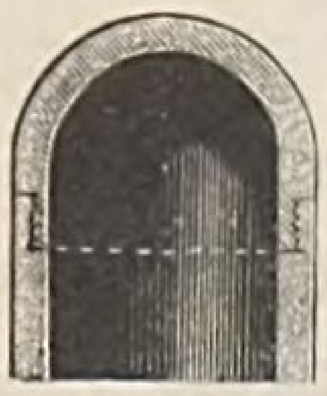


Fig. 419.

12) **Aufgeschraubter Deckel.** Kleine cylindrische Büchsen aus Horn, Bein oder Messing erhalten gewöhnlich aufgeschraubten Deckel und Boden. Alles wird auf der Drehbank fertig gestellt, auch die Gewinde mittels eines Gewindestahls eingeschnitten. Für größere Büchsen aus Metall findet derartige Befestigungsweise namentlich

dann Anwendung, wenn dieselbe hoher Temperatur Widerstand leisten soll.

13) **Windkasten.** Von hölzernen Kästen wird zuweilen (wenigstens annähernd) luftdichter Verschluss verlangt. Die Zusammenfügung geschieht dann, soweit sie Boden- und Seitenwände betrifft, in gewöhnlicher Weise durch Verzinken und Verleimen, sodann wird das Innere gut mit dichtgeleimtem Papier ausgeklebt. Der Deckel wird ebenso innen mit Papier überzogen, und außerdem an den Rändern mit feinem (Schaf-) Leder, die rauhe Seite nach außen gekehrt. Einen entsprechenden Lederüberzug erhalten die Ränder der Seitenwände, und nun wird der Deckel mittels langer Schrauben, welche starkes Anziehen zulassen, aufgeschraubt.

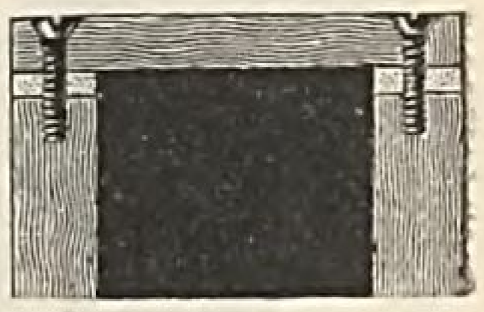


Fig. 420.

14) **Angeschraubter Boden.** Bei großen Metallgefäßen, namentlich eisernen, ist das einfache Aufschrauben eines Deckels oder Bodens nicht mehr zulässig, einerseits weil die Herstellung mit Schwierigkeiten verbunden ist, andererseits weil die Verbindung nach dem Einrosten sich nur äußerst schwer oder gar nicht mehr lösen ließe. Man verwendet deshalb in solchem Falle zur Befestigung Schraubbolzen und versieht den Rand des Gefäßes, um dieselben einsetzen zu können, mit einem genügend weit vorspringenden Ring, einer Flantsche. Um dichten Schluss zu erzielen, legt man beim Zusammenschrauben etwas mit Hanf durchwirkten Mennigekitt, eventuell eine mit Kitt bestrichene Bleischeibe zwischen Bodenrand und Flantsche.

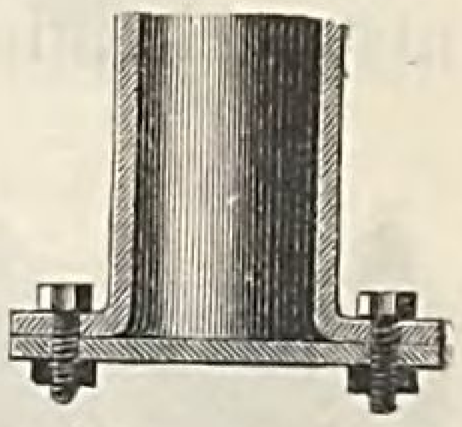


Fig. 421.

15) **Verankerung.** Ebene Kesselwände sind nicht im Stande, großen Druck auszuhalten. In besonders hohem Grade gilt dies dann, wenn das Material, aus welchem der Kessel hergestellt ist, sehr weich, z. B. Kupfer ist. Man kann indess auch in solchem Falle dem Kessel beträchtliche Widerstandskraft verleihen, wenn man je zwei gegenüberstehende ebene Flächen durch eingenietete Bolzen mit einander verankert, wie es die Figur andeutet.

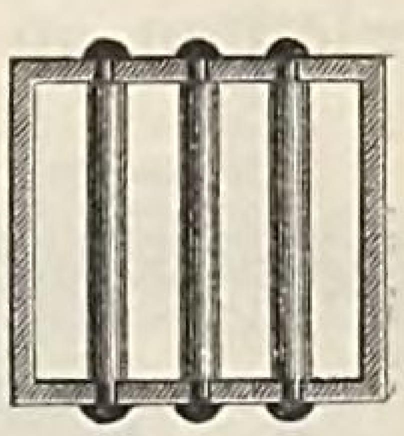


Fig. 422.

16) **Armatur.** Die beschriebene innere Verankerung der Kesselwände ist mit der Unbequemlichkeit verbunden, dass der Innenraum des Kessels dadurch versperrt wird. Ist dieser Umstand nachtheilig, so lässt sich auch eine äußere Verankerung anbringen, indem man starke Eisenbleche auf die Flächen auflegt und diese durch Schraubbolzen mit einander verbindet oder statt dessen Ringe,

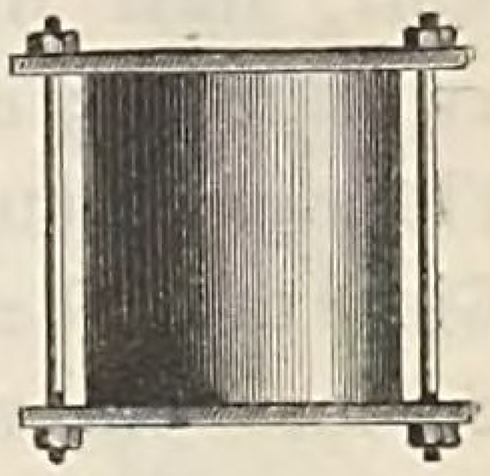


Fig. 423.

welche mit Leisten aus T- oder Doppel-T-Eisen vernietet sind und in ähnlicher Weise zusammen gehalten werden.

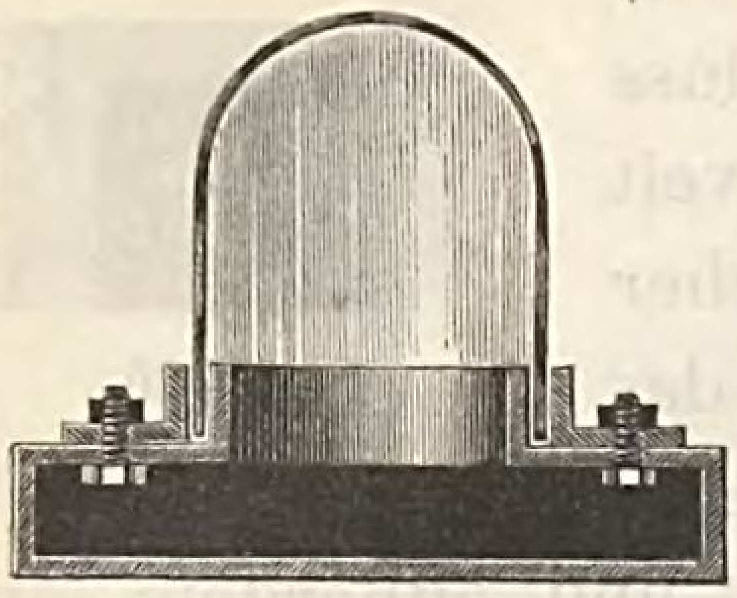


Fig. 424.

17) **Eingekittete Glasglocke.** Das Verkitten größerer Glasgefäße mit Metallgefäßen ist immer mit Schwierigkeiten verbunden, da bei wechselnder Temperatur der verschiedenen Ausdehnung halber leicht Undichtwerden oder Springen eintritt. Zweckmäßig ist es deshalb, das Glasgefäß, z. B. eine aufzukittende Glasglocke mit ebenem Rand zu versehen, ebenso das anzukittende Metallgefäß, außerdem einen elastischen Kitt, z. B. Kautschukkitt anzuwenden, um eine gewisse Beweglichkeit zu ermöglichen. Bei dünnen Glasglocken sucht man wenigstens eine breite Verkittungsfläche zu erzielen, indem man sie, wie die Figur zeigt, in eine entsprechende Rinne einlässt.

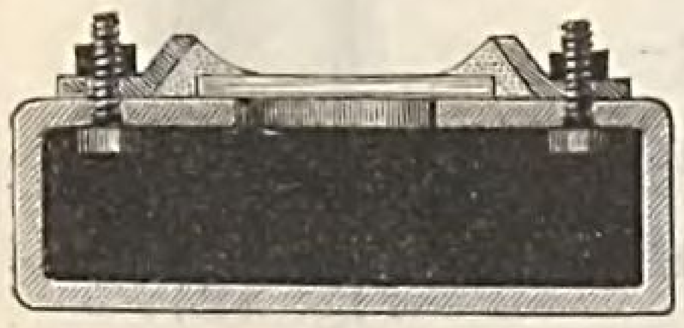


Fig. 425.

18) **Aufgekittete Glasplatte.** Um auf die Oeffnung eines Metallgefäßes, welches erwärmt werden soll, ein Fenster aufzukitten, bringt man einen schief vorspringenden Rahmen an und befestigt darin die Glasplatte mittels Gypsbrei oder Mennigekitt, und zwar mit letzterem, falls die Verbindung wasserdicht sein soll. Bei der gezeichneten Construction lässt sich die Glasplatte leicht herausnehmen und durch eine neue ersetzen. Sicherer ist es indess, den Rahmen aus dünnem, weichem Kupferblech zu verfertigen und nicht allein zu verkitten, sondern den Rahmen gleichzeitig über die Glasplatte überzudrücken. Statt mittels Schraubbolzen wird in diesem Falle der Rahmen durch Vernieten oder Verlöthen an dem Gefäß befestigt.

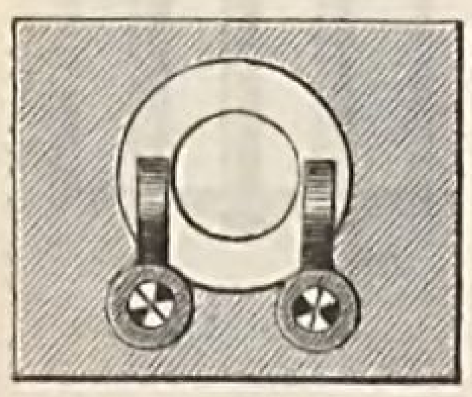
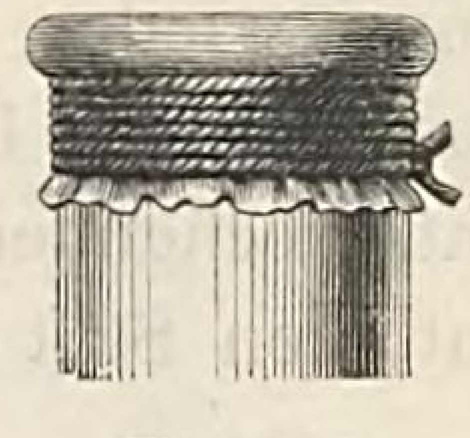


Fig. 426.

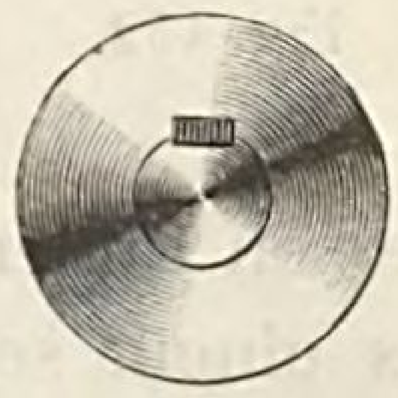
19) **Fenster ohne Verkittung.** Manche Flüssigkeiten zerstören jeden Kitt oder werden durch den Kitt verunreinigt, so dass also Verkittung des Fensters unzulässig erscheint. Man schleift dann dasselbe möglichst gut auf und presst es durch Federn an. Die Herstellung ist sehr schwierig und selbst bei größter Achtsamkeit beim Schleifen findet doch kein so dichter Anschluss statt, dass die Flüssigkeit nicht durchsickerte. Man bringt deshalb zweckmäßig ein kleines Näpfchen an, welches die etwa durchgesickerte Flüssigkeit aufnimmt. Geschickte Optiker vermögen allerdings zwischen Glas und Glas so innige Verbindung herzustellen, dass nicht nur der Schluss ein vollkommen dichter ist, sondern auch die Kraft der Adhäsion allein ausreicht, die Theile zusammen zu halten.

20) **Verschluss durch Blase.** Um Gefäße mittels elastischer Membranen zu verschließen, versieht man die Mündung mit einem gut gerundeten Wulst, spannt die Membran über und bindet sie unter vielfacher Umwicklung mit Bindfaden fest. Thierische Blase wird zunächst einige Zeit in Wasser eingeweicht, bis sie alle Steifigkeit verloren hat. Beim Eintrocknen spannt sie sich dann völlig glatt an.

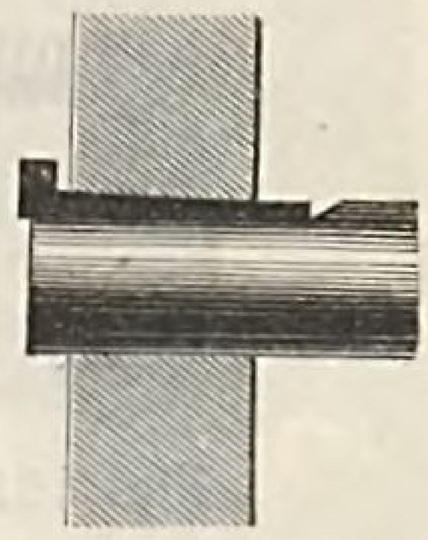

Fig. 427.

VIII. Befestigung und Verbindung von Achsen.

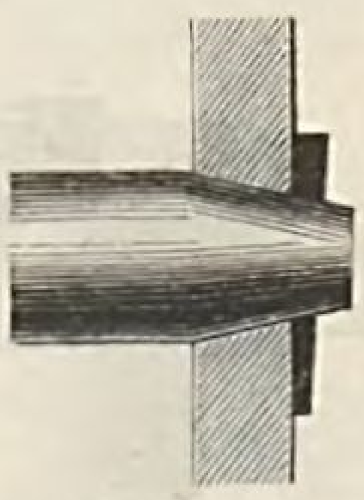
1) **Aufkeilung.** Die am häufigsten angewandte und zuverlässigste Befestigung einer Scheibe auf einer Achse ist die Aufkeilung. Achse und Scheibe erhalten eine Nuth, in welche ein eiserner Keil eingepasst und mittels Hammerschlägen eingetrieben wird. Die Lösung der Verbindung ist freilich häufig mit Schwierigkeiten verbunden. Am leichtesten wird sie dadurch erreicht, dass man auf das Ende der Achse in der Richtung derselben einige Hammerschläge führt, wodurch sich der Keil lockert.


Fig. 428.

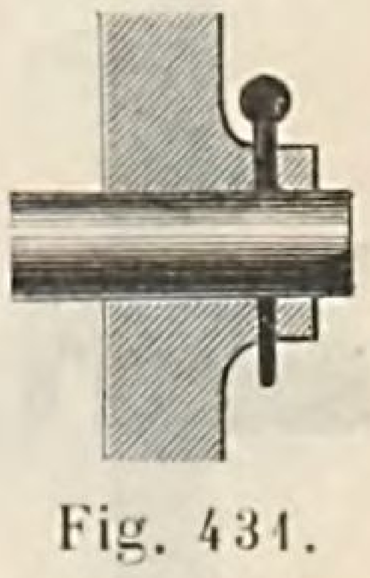
2) **Nasenkeil.** Um die Lösung des Keils wenigstens einigermaßen zu erleichtern, versieht man denselben häufig mit einem Vorsprung, »Nase« genannt. Durch Einschieben eines keilförmigen Werkzeugs zwischen Nase und Scheibe gelingt dann die Lösung ziemlich leicht.


Fig. 429.

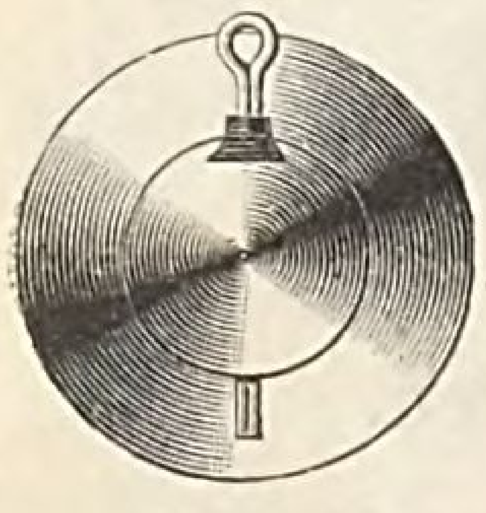
3) **Vorsteckstift.** In manchen Fällen, wenn keine besonders große Haltbarkeit verlangt wird, genügt es, das Ende der Achse conisch abzudrehen und dasselbe in die entsprechende Bohrung der Scheibe einzutreiben, wie schon früher bemerkt wurde. Größere Sicherheit kann noch dadurch erzielt werden, dass man vor der Scheibe einen Vorsteckstift oder Splint durch die Achse treibt.


Fig. 430.

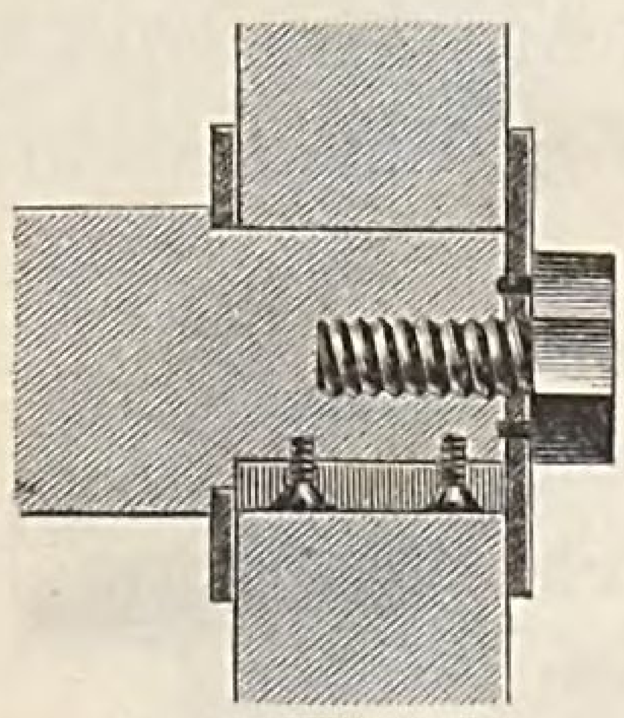
4) **Durchgesteckter Splint.** Bequem, wenn auch wenig dauerhaft ist die Befestigung mittels eines durchgesteckten Splints (Vorstecknagel). Die Scheibe erhält zu diesem Zwecke, wie die Figur zeigt, einen Vorsprung (Nabe), durch welchen der Stift hindurchgesteckt wird. Gewöhnlich ist derselbe geschlitzt und die beiden, aus der Nabe hervorragenden Enden werden auseinandergebogen, um eine selbstthätige Lösung zu verhindern. Sehr häufig wird der Stift conisch gestaltet und an beiden Enden schwach


Fig. 431.

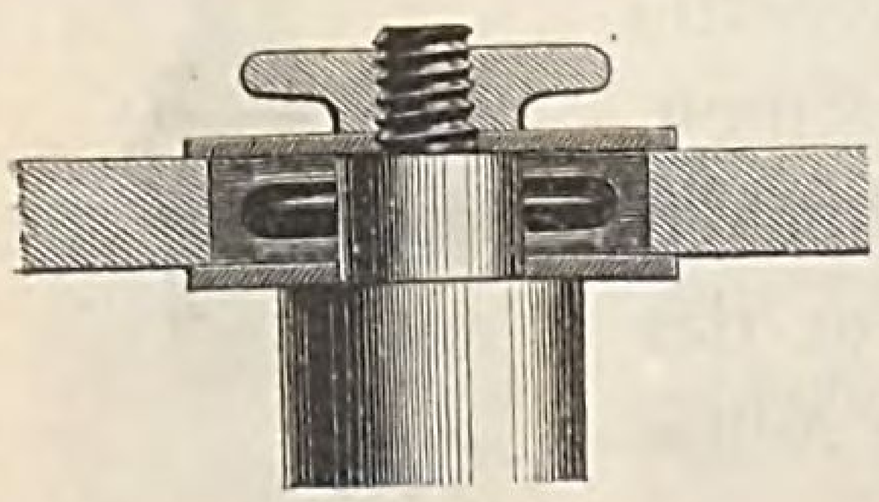
vernietet, und alles Vorragende glatt abgefeilt. Soll eine solche Verbindung wieder gelöst werden, so sucht man zuerst die Stelle, wo sich das dünnere Ende des Stifts befindet, indem man einen Durchschlag von entsprechender Größe aufsetzt, und schlägt dann, falls man sie gefunden hat, den Stift mittels des Durchschlags völlig heraus.


Fig. 432.

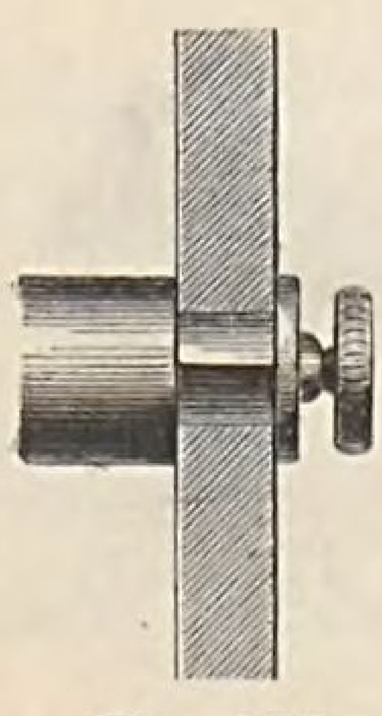
5) **Prismabefestigung mit Vorsteckstift.** Soll die Verbindung leicht lösbar sein und dennoch große Widerstandsfähigkeit besitzen, so wird der Keil durch ein Prisma ersetzt. Die Nuth in der Achse ist schwalbenschwanzförmig, so dass das Prisma von selbst in derselben festhält. Um die Scheibe in ihrer Stellung zu fixiren, dient ein Vorsteckstift. Aus der Figur ist gleichzeitig die Form eines solchen geschlitzten Stiftes (dessen Enden noch nicht umgebogen sind) zu erkennen. Derselbe wird aus einem seitlich flach gefeilten Draht so zusammengebogen, dass die flachen Seiten aufeinander zu liegen kommen.


Fig. 433.

6) **Prismabefestigung mit Kopfschraube.** Für schwere Scheiben und dann, wenn die Achse sehr kurz ist, ersetzt man den Vorsteckstift durch eine Kopfschraube mit Unterlegscheibe. Letztere erhält zwei eingenietete Zähne, welche in entsprechende Vertiefungen der Achse eingreifen, so dass eine Lösung der Schraube vermieden wird. Das Prisma kann auch mit flachköpfigen Schrauben befestigt werden, wie aus der beistehenden Figur zu ersehen ist. Die schwalbenschwanzförmige Nuth wird dadurch überflüssig.


Fig. 434.

7) **Befestigung durch Splint und Schraube.** Zur Befestigung einer Holzscheibe kann zuweilen eine Schraube am Ende der Achse benutzt werden. Damit sich die Scheibe nicht drehen kann, wird ein Splint durch die Achse getrieben, dessen vorragende Enden in zwei Schlitze der Holzscheibe einpassen.


Fig. 435.

8) **Befestigung durch Vierkant und Schraube.** Zweckmäßiger, indess schwieriger herzustellen, ist die in der Figur gezeichnete Befestigungsweise. Das Ende der Achse, welches die Scheiben aufnehmen soll, wird vierkantig gefeilt und ebenso die Oeffnung in der Scheibe. Beide Verbindungsweisen haben den wohl zu beachtenden Nachtheil, dass die Schraube, welche die Scheibe festhält, sich leicht spontan löst.

9) **Dreitheiliger Ringkeil.** Zuweilen kann es nöthig werden, eine Achse zu befestigen, deren Durchmesser beträchtlich kleiner ist als die Bohrung der Scheibe. Vortheilhaft bedient man sich in solchem Falle der Ringkeile, d. h. Segmente eines entsprechenden Hohlkegels.

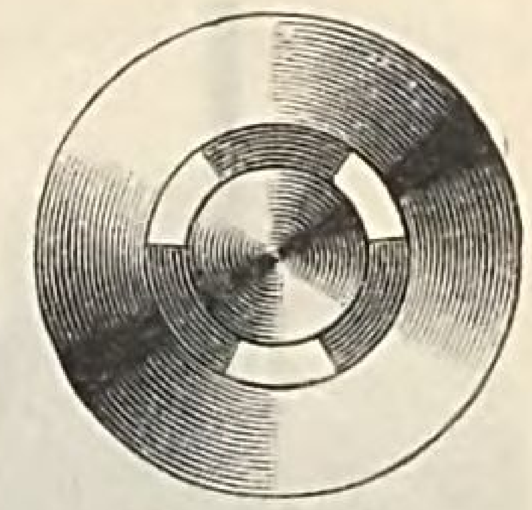


Fig. 436.

10) **Stellschraube.** Wünscht man, dass die zu befestigende Scheibe leicht an einer beliebigen Stelle der Achse anzubringen sei, so kann dies in einfachster Weise geschehen durch eine Stellschraube. Allerdings muss hierzu die Weite der Bohrung dem Durchmesser der Achse genau gleich sein, da sich andernfalls die Scheibe schief stellt.

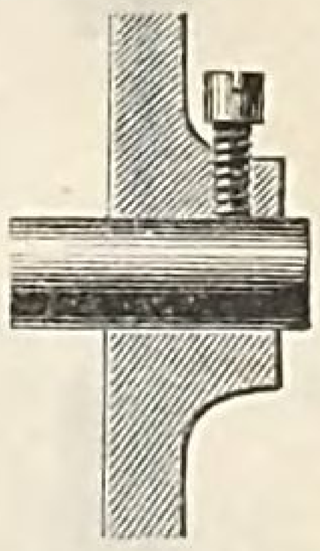


Fig. 437.

11) **Drei Stellschrauben.** Dem eben erwähnten Uebelstand kann einigermaßen abgeholfen werden durch Anwendung dreier Stellschrauben, welche so lange regulirt werden, bis die Scheibe normal steht. Gleichzeitig besitzt diese Befestigungsmethode selbstverständlich weit größere Haltbarkeit als die vorige.

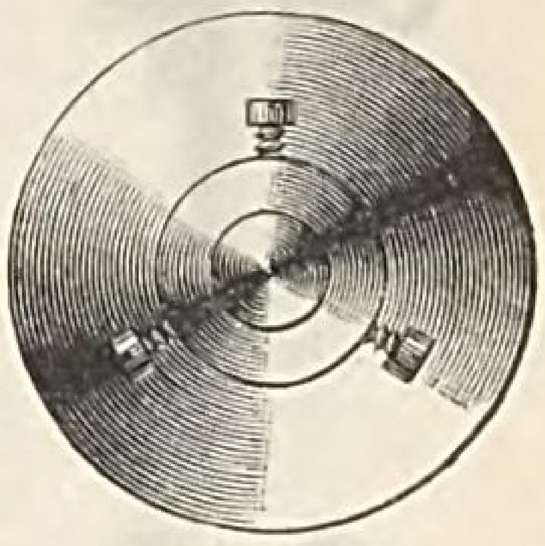


Fig. 438.

12) **Friktionsprisma.** Stellschrauben haben den wesentlichen Nachtheil, dass die Achse durch dieselben beschädigt wird, was um so mehr in's Gewicht fällt, weil gerade bei Anwendung von Stellschrauben ein genaues Einpassen der Achse in die Bohrung ein wesentliches Erfordernis ist. Man kann die Schwierigkeit dadurch umgehen, dass man die Stellschraube nicht direkt auf die Achse wirken lässt, sondern zunächst auf ein prismatisches Metallstäbchen, welches an seiner Auflagefläche der Achse entsprechend ausgehöhlt ist.

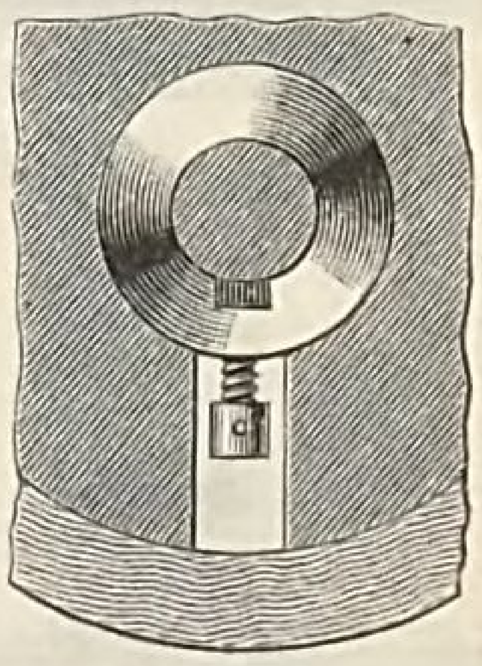


Fig. 439.

13) **Friktionslappen.** Eine sinnreiche Methode, den gedachten Uebelstand zu umgehen, besteht ferner darin, die Stellschrauben auf zwei durch Aufschlitzen der Nabe entstandene Lappen wirken zu lassen.

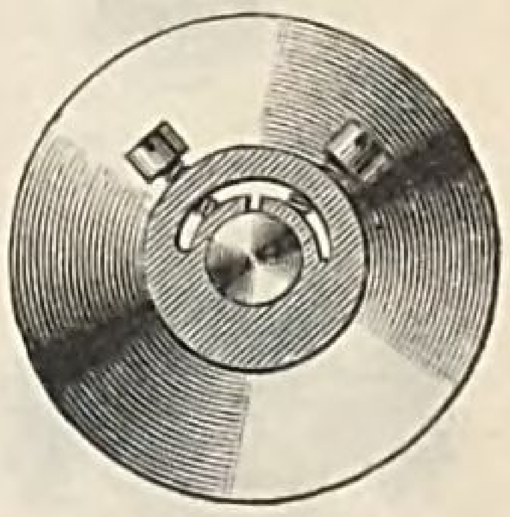


Fig. 440.

14) **Befestigung einer Glasscheibe.** Eine dünne Scheibe oder solche aus sprödem Material, wie z. B. Glas, wird unter Zwischenfügung einer weichen Substanz, etwa Papier oder Kautschuk, zwischen zwei Metallplatten gepresst. Das Schraubengewinde der Achse kann zu beiden Seiten abgenommen werden.

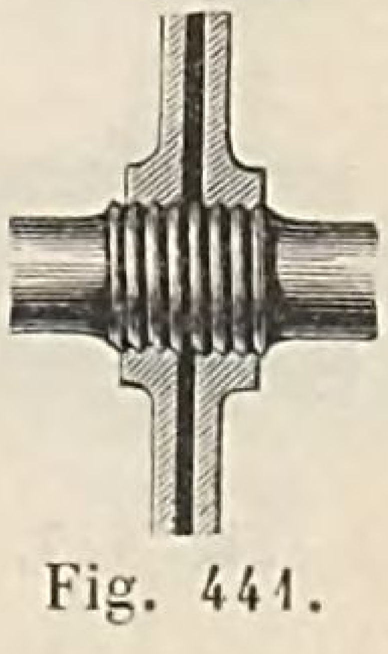


Fig. 441.

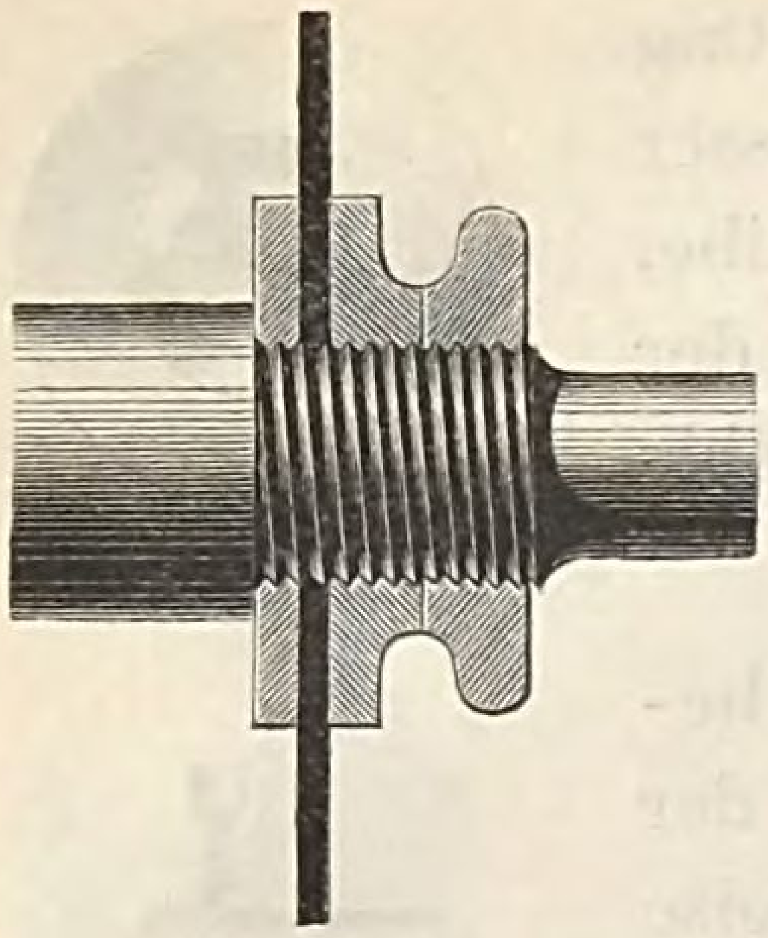


Fig. 442.

15) **Befestigung einer Glasscheibe mit Gegenmutter.** Die Zuverlässigkeit der beschriebenen Befestigung ist allerdings sehr gering, denn sobald eine der beiden Muttern sich löst, wird gleichzeitig auch die andere frei und die Scheibe verliert ihren Halt. Zweckmäßiger ist es deshalb, die Achse einerseits mit einem Ansatz zu versehen, andererseits die Mutter durch eine Gegenmutter zu sichern.

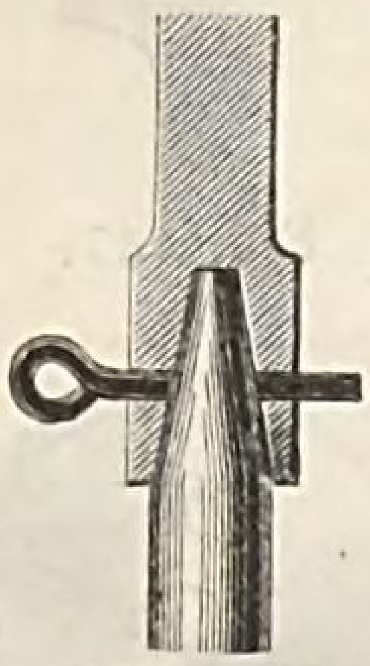


Fig. 443.

16) **Kuppelung mit Splint.** Die einfachste Kuppelung zweier Stäbe wird derart ausgeführt, dass der eine mit einer conisch gebohrten Muffe versehen wird, in welche das conisch abgedrehte Ende des andern gerade einpasst. Damit sich die Verbindung nicht löse, wird ein Splint hindurchgetrieben.

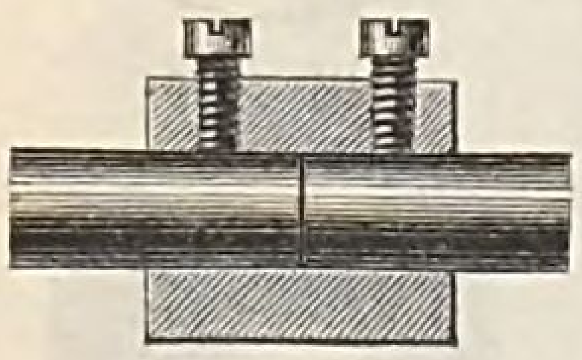


Fig. 444.

17) **Muffenkuppelung.** Für stärkere Beanspruchung auf Torsion eignet sich die Muffenkuppelung. Ein dicht anschließender Cylinder wird über die zusammenstoßenden Enden der beiden Achsen geschoben und durch Stellschrauben befestigt. Bei größeren Maschinen dürfen die Schraubenköpfe (ebenso wie auch bei den folgenden Kuppelungen) nicht vorragen, da dadurch leicht Unglücksfälle herbeigeführt werden.

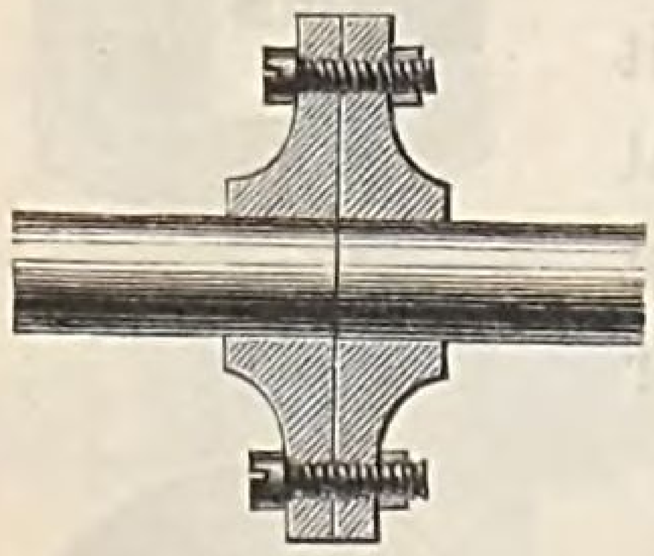


Fig. 445.

18) **Scheibenkuppelung.** Noch größere Kraftleistungen als die vorige, vermag die Scheibenkuppelung zu übertragen. Auf die Enden der Achsen werden Scheiben fest aufgekeilt und dann unter sich durch Schraubbolzen verbunden.

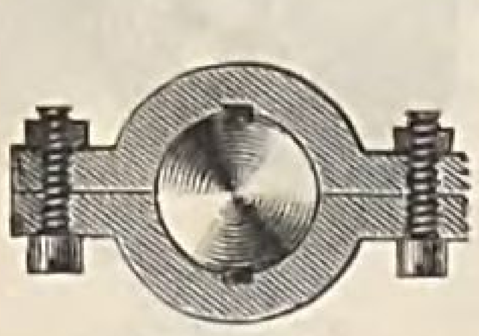


Fig. 446.

19) **Schalenkuppelung.** Dieselbe kann leicht entfernt werden, ohne die Achsen aus ihrer Lage zu bringen. Sie besteht aus zwei durch Schraubbolzen verbundenen, die Enden der Achsen fest umschließenden »Schalen«.

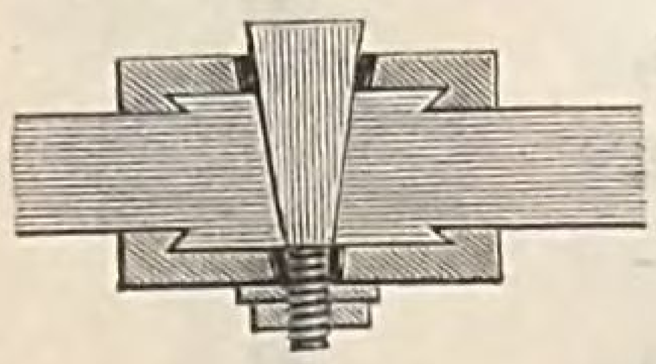


Fig. 447.

20) **Kuppelung für Gestänge.** Soll die Verbindung gegen Zug oder Druck in der Richtung der beiden Stäbe Widerstand leisten, so empfiehlt sich für starke Beanspruchung die in der Figur dargestellte Methode. Ein vermittelst Schraube und Mutter angezogener Keil presst die mit Wider-

haken versehenen Enden der Stäbe gegen einen passenden Rahmen, welcher sie zusammenhält.

21) **Muffenverschraubung.** Ist keine Torsion des Gestänges möglich, so kann man die beiden Stäbe einfach ineinander schrauben. Zweckmäßig ist es, beide in eine Muffe einzuschrauben, welche der Verbindungsstelle als Verstärkung dient.

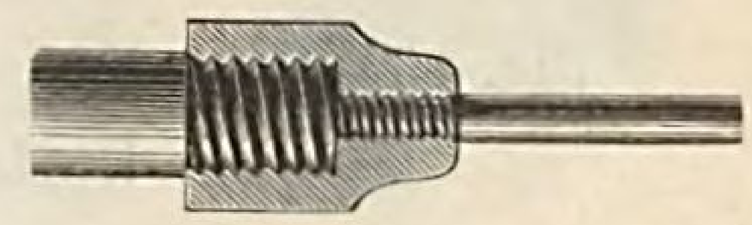


Fig. 448.

22) **Ueberwurfschraube und Ansatz.** An dünne Stäbe lässt sich ein Gewinde mit großer Ganghöhe nicht mehr wohl anbringen. Soll aber die Verbindung rasch zu lösen sein, so ist ein solches nicht zu umgehen. Man hilft sich in der Weise, dass man dem dünnen Stab einen cylindrischen Ansatz gibt und diesen durch eine Ueberwurfschraube anpresst.

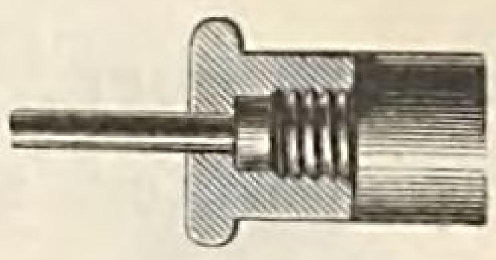


Fig. 449.

23) **Ueberwurfschraube und Conus.** Die Verbindung ist der vorigen ähnlich und dient auch zu gleichem Zwecke. Sie bietet den Vortheil, dass gegenüber seitlicher Verbiegung größere Widerstandsfähigkeit vorhanden ist, die Herstellung ist indess weniger bequem.

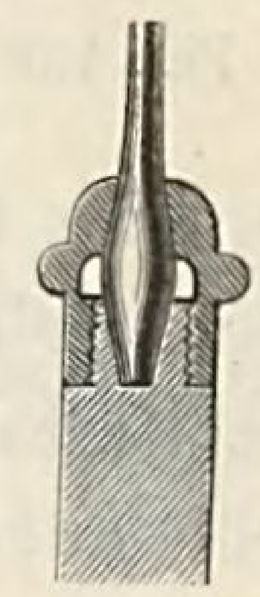


Fig. 450.

IX. Fassungen für spröde und biegsame Körper.

1) **Holzfassung für dünne Röhren.** Dünne Röhren oder Stäbe, direkt in einer Holzplatte befestigt, besitzen nur geringen Halt. Zweckmäßig befestigt man daher, wenn möglich, in der Platte eine kurze Holzsäule und kittet erst in diese die Röhre ein.

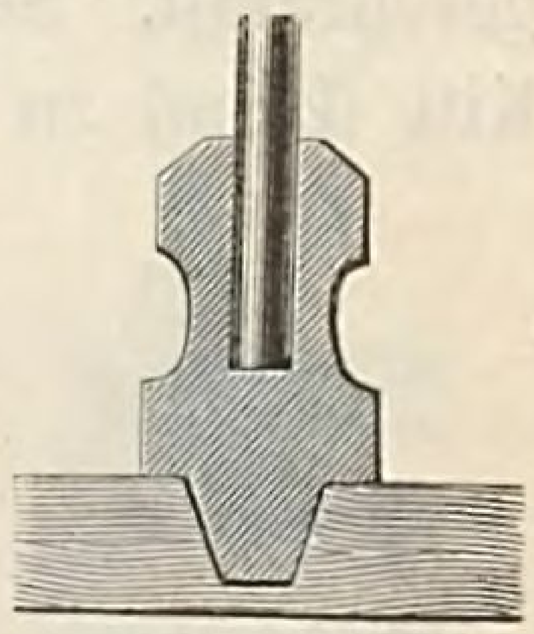


Fig. 451.

2) **Messingfassung für weite Röhren.** Um weitere Glasröhren befestigen zu können, müssen dieselben mit einer Messingfassung versehen werden, welche nun ihrerseits befestigt wird. Die Figur zeigt ein Beispiel einer solchen Fassung.

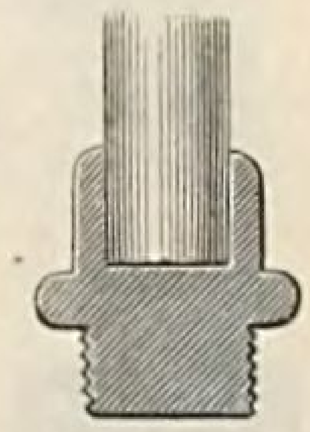


Fig. 452.

3) **Messingfassung für starkwandige Röhren.** Bei Röhren mit starker Wandung ist es nicht durchaus nöthig, die Fassung auf der äußeren Seite anzubringen. Sie kann sehr wohl auch, wie bei Fig. 453, innen eingekittet werden, doch verdient im allgemeinen die äußere Fassung den Vorzug.

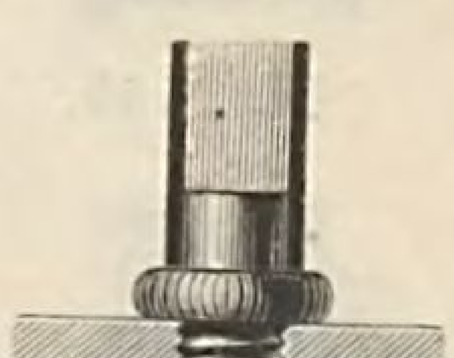
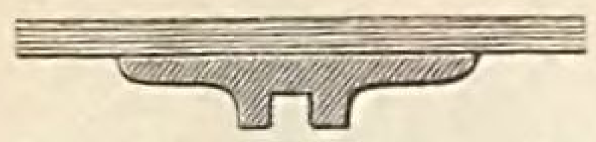
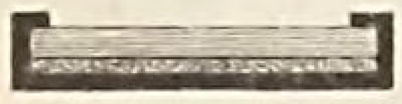


Fig. 453.


Fig. 454.

4) **Messingfassung für Glasscheiben.** Glasscheiben werden häufig zum Zwecke der Verbindung mit andern Theilen auf Metallscheiben aufgekittet. Man muss, falls die Kittung mit Harzkitt erfolgt, für sehr langsames Erkalten Sorge tragen, da sonst leicht Sprünge entstehen.


Fig. 455.

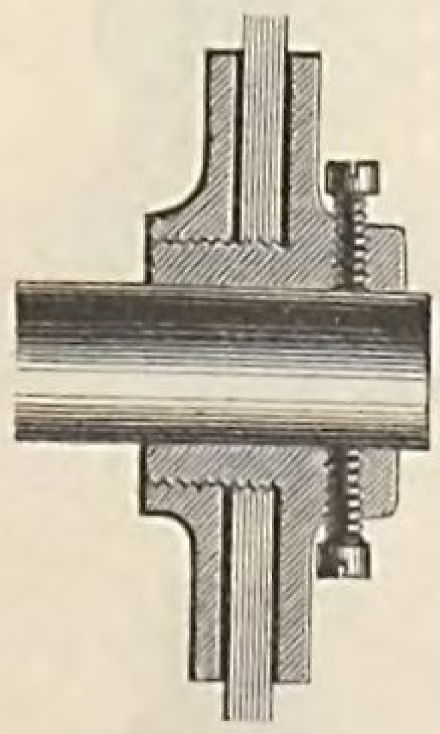
5) **Blechfassung für Glasscheiben.** Soll etwa ein Spiegel an einem Apparate befestigt werden, so ist Aufkitten nicht wohl möglich, da hierdurch das Amalgam beschädigt würde. Man drückt am besten eine Blechfassung über, legt jedoch zuvor eine ziemlich dicke Lage von weichem Papier unter, so dass keine zu hohe Spannung entstehen kann.


Fig. 456.

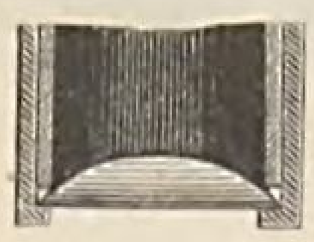
6) **Holzrahmen für Glasscheiben.** Schon oben wurde der Methode des Einkittens gedacht. Dieselbe besitzt den Uebelstand, dass sich die Scheibe nur schwer wieder lösen lässt. Zweckmäßiger ist daher in manchen Fällen die Befestigung lediglich durch Stifte zu bewirken, wobei indess zunächst eine Pappscheibe oder ein Rahmen von Pappe vorgelegt werden muss. Statt der Stifte können auch kleine Federn aus Blech dienen, welche angeschraubt oder (bei metallenen Rahmen) angelöthet werden.


Fig. 457.

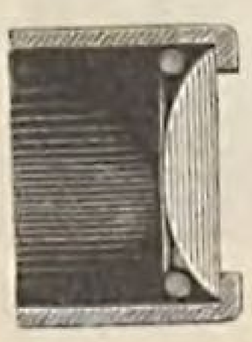
7) **Holzrahmen für Papier etc.** Ein solcher Rahmen wird vortheilhaft aus zwei Theilen zusammengesetzt. Der betreffende Stoff wird zunächst über die eine Hälfte straff ausgespannt, dann die zweite Hälfte sehr fest angeschraubt. Sehr zu empfehlen ist, die eine Hälfte mit einem geeigneten Kitt (Leim) zu bestreichen, da sonst der Stoff sich leicht allmählich aus der Fuge herauszieht. Papier wird in mäßig feuchtem Zustande auf einen einfachen Rahmen aufgeklebt.


Fig. 458.

8) **Fassung für rotirende Scheiben.** Um eine Scheibe verstellbar auf einer Achse zu befestigen, befestigt man sie zunächst durch Verschraubung auf einer Hülse und verfährt nun im übrigen nach einer der früher erwähnten Methoden.

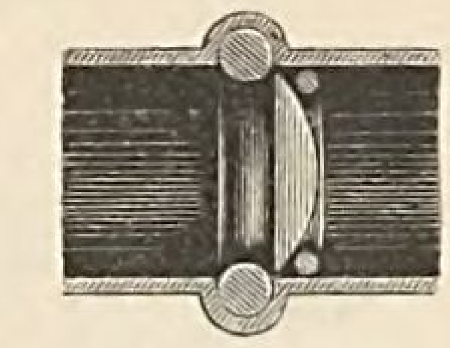

Fig. 459.

9) **Linsenfassung mittels Blechring.** Die Röhre, in welcher die Linse befestigt werden soll, wird mit einem etwas nach innen vorspringenden Rande versehen und nunmehr von der entgegengesetzten Seite eine Ringfeder (federnder Blechring) eingeschoben.

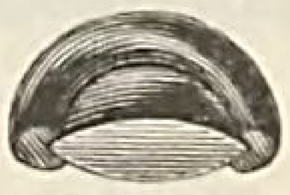

Fig. 460.

10) **Linsenfassung mittels Drahtring.** Statt des federnden Blechrings wird sehr häufig auch ein Drahtring angewandt. Derselbe lässt sich leichter lösen, hält indess nicht so fest wie ein Blechring.

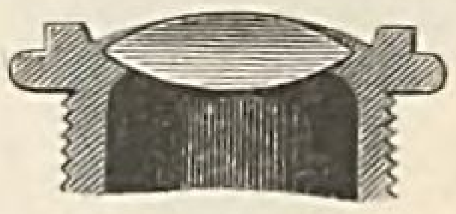
11) **Linsenfassung mittels zwei Drahtringen.** Die Haltbarkeit eines Drahtrings kann sehr gestärkt werden, wenn man für denselben eine Furche (Sicke) in das Rohr eintreibt, in welche er sich zur Hälfte einlegen kann. So befestigte Ringe können selbst dazu dienen, eine Linse in der Mitte eines Rohres festzuhalten. In der Figur ist der Ring linker Hand in dieser Weise eingelassen. Um ihn deutlich hervortreten zu lassen, wurde er absichtlich übertrieben dick gezeichnet.


Fig. 461.

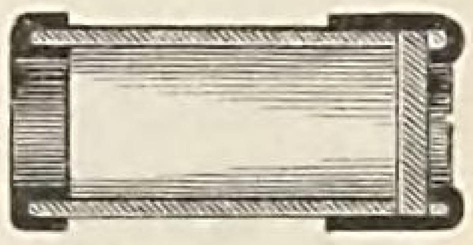
12) **Linsenfassung in gefurchtem Draht.** Zur Fassung von Brillengläsern und anderen freistehenden Linsen wird eine besondere, mit Furche versehene Drahtsorte hergestellt. Für größere Linsen kann man sich solche gefurchte Streifen mittels des Sickenhammers oder der Sickenmaschine aus Blech herstellen.


Fig. 462.

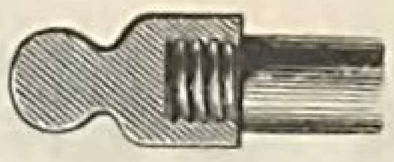
13) **Uebergedrückte Fassung.** Kleine Linsen werden in sehr dicke Hülsen gefasst, indem rings um die Oeffnung durch Ausdrehen ein cylindrischer Rand hergestellt wird, den man vorsichtig über die Linse überdrückt.


Fig. 463.

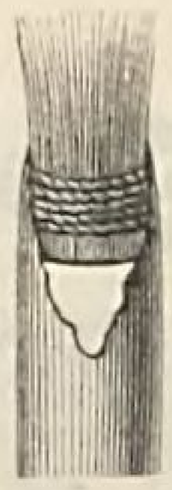
14) **Uebergedrückte Blechfassung.** Röhren aus Pappe werden zum Schutze der Ränder mit gedrückten Fassungen versehen, die man zunächst über einem geeigneten Holzmodell durch Drücken herstellt und schließlich möglichst gleichmäßig über die Ränder des Rohres überdrückt.


Fig. 464.

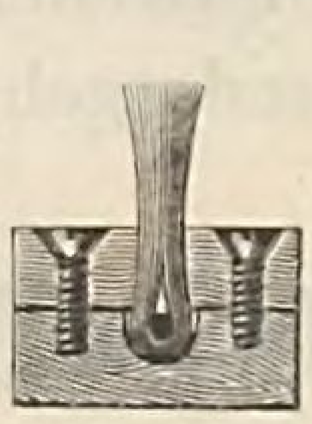
15) **Fassung für Stäbchen.** Stäbchen aus Holz, Bein und dergl. bedürfen nicht selten ebenfalls zum Schutze der Enden oder aus anderen Gründen einer Metallfassung. Dieselbe wird entweder angekittet oder angeschraubt.

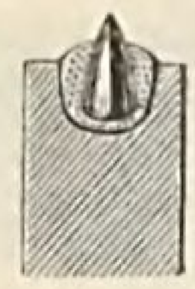

Fig. 465.

16) **Fassung für Pinsel.** Büschel aus Haaren, Borsten oder feinen Drähten werden fest mit Bindfaden umwickelt, Drähte wohl auch verlöthet und nun in eine Röhre eingeschoben, welche sich gegen die Mündung hin etwas verengt, so dass sich das Ganze hier festkeilt.

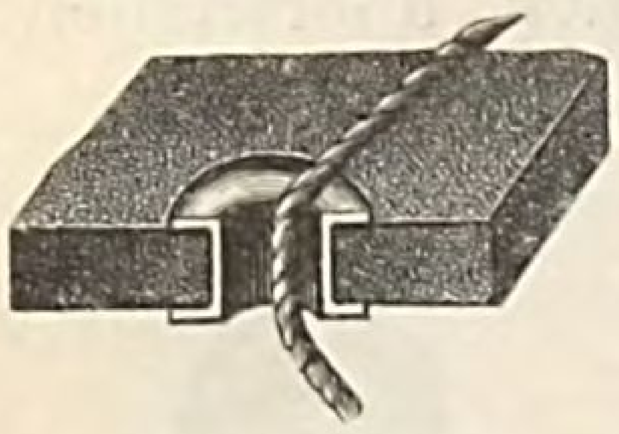

Fig. 466.

17) **Eingezogene Arbeit.** So nennt man diejenige Art der Befestigung von Borsten, nach welcher dieselben zusammengebogen durch eine Bohrung hindurchgesteckt und nun durch einen quer durchgeschobenen Draht festgehalten werden. Gewöhnlich wird die Rückseite durch eine Deckplatte verschlossen.

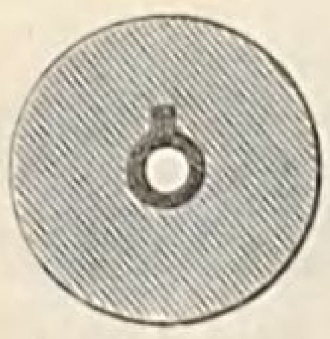

Fig. 467.


Fig. 468.

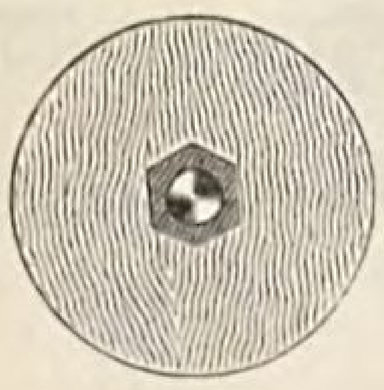
18) **Diamantfassung.** Diamanten werden mittels einer Legirung von Zinn und Blei in die Höhlung eines Metallstückchens eingekittet oder eingelöthet oder es wird durch Stauchen das Metall übergedrückt. Auf ähnliche Weise, d. h. mit Zinnloth, kann auch Glas in Metall befestigt werden.


Fig. 469.

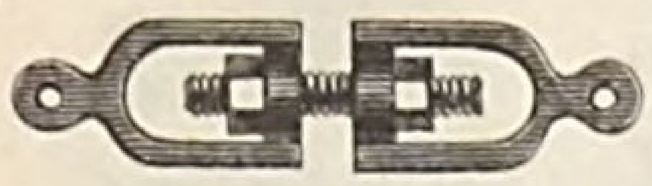
19) **Oese in Leder oder Tuch.** Um das Ausfasern oder Einreißen einer in Leder oder Tuch angebrachten Oeffnung zu hindern, versieht man dieselbe mit Rändern aus dünnem Metallblech. Solche Oesen sind käuflich zu erhalten und man hat nur nöthig, mittels des früher beschriebenen Stempels den einen Rand derselben umzulegen, nachdem sie in die Oeffnung eingesteckt sind.


Fig. 470.

20) **Büchse aus Messingblech.** Die Bohrung rotirender Holzscheiben muss durch Auskleidung mit Metall gegen zu rasches Auslaufen geschützt werden. Bei kleineren Rollen verwendet man hierzu dickes Messingblech, welches in der in Figur 470 dargestellten Weise in die Oeffnung eingetrieben wird.


Fig. 471.

21) **Sechskantige Büchse aus Eisen.** Für größere Rollen ist es zweckmäßiger, eine Büchse aus Sechskanteisen herzustellen, welche mit Kraft in das Holz eingetrieben werden kann und eventuell noch besonders durch kleine Holzkeile festgekeilt wird.


Fig. 472.

22) **Seilverbindung mit einfacher Schraube.** Um die Enden zweier Seile miteinander fest verbinden zu können, werden dieselben mit eisernen Fassungen versehen, die durch eine Schraube zusammengezogen werden können.


Fig. 473.

23) **Seilverbindung mit doppelter Schraube.** Zweckmäßiger als die vorige Verbindungsweise, indess auch schwieriger herzustellen, ist die in Fig. 473 gezeichnete. Die Schraube besitzt in der einen Hälfte linkes, in der andern rechtes Gewinde, so dass die beiden Seilfassungen beim Drehen derselben entweder zusammengezogen werden oder auseinandergehen.


Fig. 474.

24) **Saitenschlösschen.** Um die Enden zweier Darm- oder Ledersaiten mit einander zu verbinden, sind im Handel sehr praktische »Schlösschen« zu erhalten, welche auf die Enden der Saiten aufgeschraubt werden.

Das Leder drückt sich hinlänglich tief in die Schraubengänge ein, um eine zuverlässige Verbindung zu bewirken.

X. Befestigung von Röhren.

1) **Hakenschraube.** Soll eine Röhre lediglich in horizontaler Richtung fortgeführt werden und eventuell leicht zu entfernen sein, so empfiehlt es sich, dieselbe auf gewöhnliche Haken aufzulegen, wie die Figur zeigt.

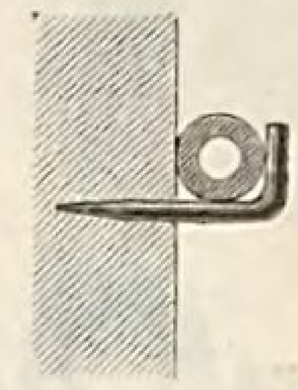


Fig. 475.

2) **Gasröhrenhaken.** Für Röhren, welche nicht lediglich horizontal verlaufen und bei welchen es in erster Linie auf Zuverlässigkeit der Befestigung ankommt, z. B. Gas- oder Wasserleitungsröhren, verwendet man die im Handel zu erhaltenden gebogenen Haken. Dieselben besitzen seitlich einen Vorsprung, um sie bequem mittels des Hammers, eventuell unter Zuhülfenahme eines stumpfen Meißels, eintreiben zu können.

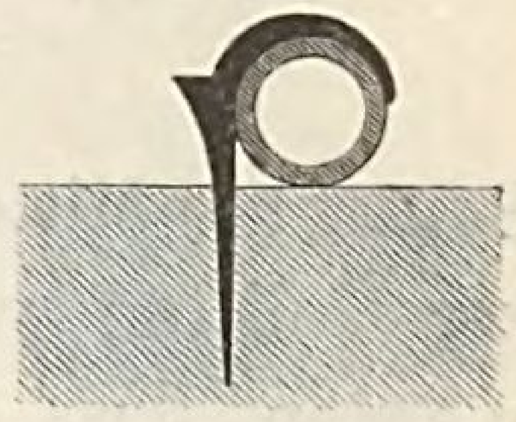


Fig. 476.

3) **Drahthäkchen.** Zur Befestigung dünner Leitungsdrähte für elektrische Ströme dienen Häkchen, die man sich im einfachsten Falle aus einem Nagel bilden kann. Man schlägt einen solchen neben dem zu befestigenden Draht halb ein, kneift den Kopf desselben ab und hämmert die vorragende Hälfte über dem Draht über. Zweckmäßiger sind Häkchen mit zwei Spitzen, die man aus Draht leicht selbst herstellen kann. Für Drähte von mehreren Millimeter Dicke eignen sich die geschmiedeten rechtwinkligen, im Handel zu beziehenden Haken, welche ähnlich wie Gasröhrenhaken übergehämmert werden oder auch aufgeschraubte Bügel aus Holz oder Bänder, wie sie zur Röhrenbefestigung gebraucht werden.

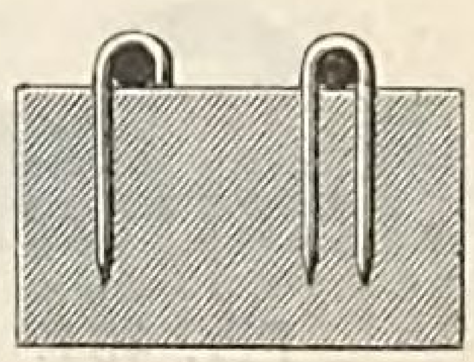


Fig. 477.

4) **Angebundenes Rohr.** Handelt es sich um möglichst einfache, rasche Befestigung einer Röhre, so empfiehlt sich das Anbinden mittels Schnur oder Draht. Für dünne, leicht zerbrechliche Röhren kann man Bleidraht nehmen, für dickere eignet sich eher weicher Kupferdraht und speziell für Glasröhren dick umsponnener Kupferdraht, wie er für elektrische Leitungen im Gebrauch ist. Die Umspinnung beugt einer allzustarken Pressung vor, insofern sie gewissermaßen ein weiches Polster darstellt.

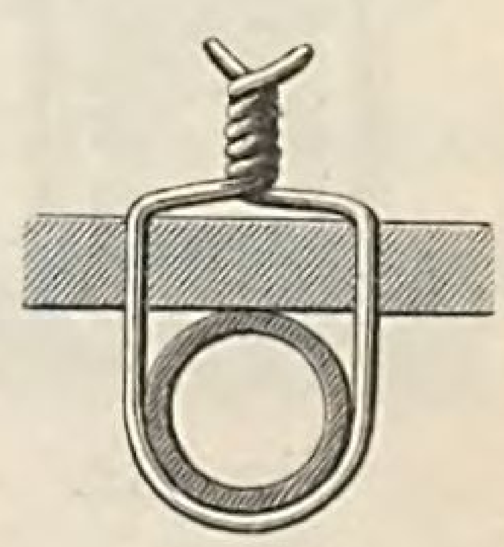
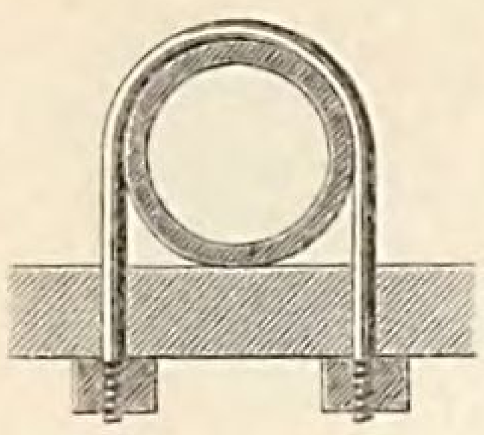
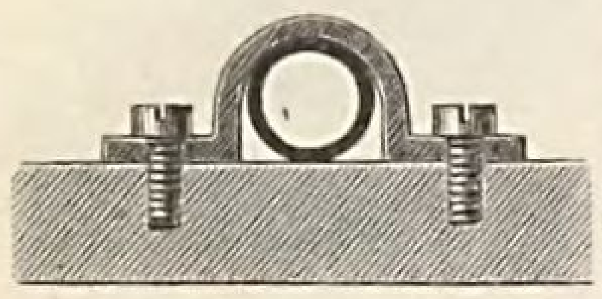


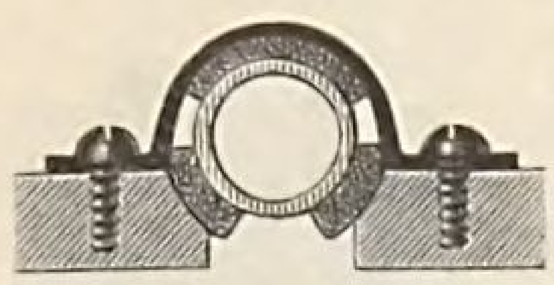
Fig. 478.


Fig. 479.

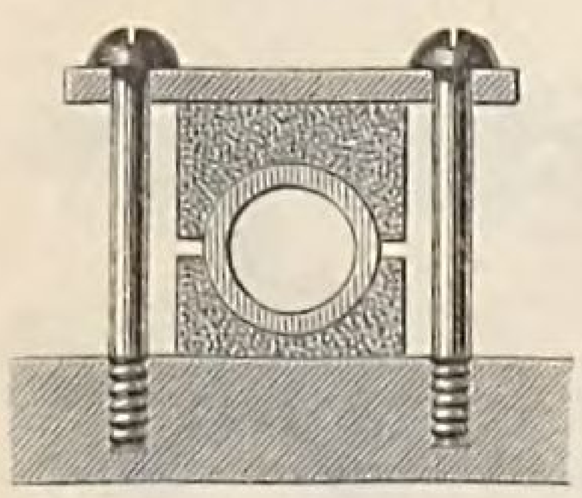
5) **Angeschraubter Bügel.** Schwere Röhren, die sehr starken Bindedraht erfordern würden, der sich nicht mehr wohl biegen lässt, werden in der Art befestigt, dass man die beiden Enden des Drahtes mit Gewinden versieht und Muttern aufschraubt, welche denselben fest gegen die Unterlage anziehen. Eventuell kann man die Muttern noch durch Gegenmuttern befestigen.


Fig. 480.

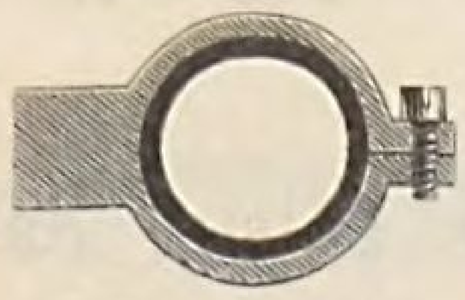
6) **Blechklammer.** Durch die Befestigung mittels eines Bügels erreicht man gleichzeitig den Vortheil, dass sich die Verbindung jederzeit leicht lösen lässt. Für weniger starke Röhren fertigt man den Bügel nicht mehr aus Draht, sondern, wie die Figur zeigt, aus Blech an und bewirkt die Befestigung durch zwei Kopfschrauben. Sollte die Mitte des Rohres sichtbar bleiben, so kann der Bügel daselbst zerschnitten werden, nur muss die Blechstärke natürlich so gewählt werden, dass die beiden entstandenen Winkel hinreichend Kraft besitzen, das Rohr festzuhalten.


Fig. 481.

7) **Blechklammer für Glasröhren.** Bei zu starkem Anziehen der Schrauben, was selbst bei achtsamer Handhabung des Schraubenschlüssels zuweilen eintritt, geräth das Rohr, falls es aus Glas besteht, in Gefahr zu zerspringen. Ebenso können allzugroße Spannungen eintreten, wenn das Rohr etwa noch an einer zweiten Stelle befestigt wird, oder in Folge von Erhitzung oder Erschütterung sich etwas verschiebt. Man kann diesem Uebelstande durch Zwischenfügen von Kautschukstreifen, wie Fig. 481 andeutet, leicht abhelfen. Die theilweise Versenkung des Rohres in einen Schlitz der Unterlage, welche die Figur ebenfalls zeigt, soll seitlichen Verschiebungen möglichst vorbeugen.


Fig. 482.

8) **Korkklemme.** Ist ein Glasrohr, welches beträchtlichen Erschütterungen ausgesetzt ist, sehr dauerhaft zu befestigen, so klemmt man dasselbe zwischen zwei passend ausgehöhlte Korke. Das Anpressen kann mittels eines geeigneten Bügels, im einfachsten Falle durch ein kleines Brettchen mittels zweier genügend langer Holzschrauben erfolgen.


Fig. 483.

9) **Hülsenklemme.** Soll das zu befestigende Rohr eventuell leicht längs seiner Achse verschoben werden können, während dagegen eine Verschiebung senkrecht dazu entbehrlich ist, so eignet sich besonders eine federnde, wenn nöthig mit Klemmschraube versehene

Hülse. Dieselbe setzt außerdem voraus, dass das Rohr der Unterlage nicht dicht anliegt und dass dasselbe gut gerundet ist.

10) **Glasrohr durch Stellschraube befestigt.** In einfacher Weise lassen sich Metallröhren, welche eventuell nur längs ihrer Achse verschiebbar sein sollen, derart befestigen, dass man sie durch einen Ring hindurch führt und in demselben mittels Stellschrauben festhält. Auch für Glasröhren ist diese Befestigungsweise anwendbar, wenn man auf dieselben mittels eines elastischen Kittes eine starke Metallhülse aufkittet. Bei der nebengezeichneten Figur besteht der Ring aus einer ungeschnittenen Schraubenmutter, welche auf ein Stückchen Flacheisen aufgelöthet ist.

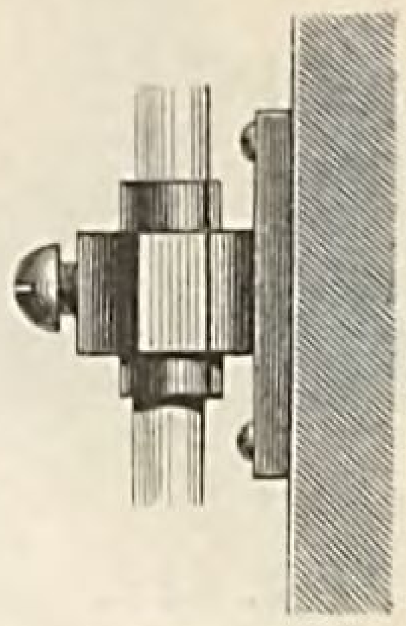


Fig. 484.

11) **Kitthülse.** Zuweilen kann es nöthig werden, eine dünne Glasröhre, welche mit einem größeren zerbrechlichen Apparat in Verbindung steht, unter Vermeidung jeder Erschütterung und Spannung an einer bestimmten Stelle ganz unverrückbar zu befestigen. Man verwendet hierzu zweckmäßig ein T-Stück, wie es zur Verbindung eiserner Gasröhren gebraucht wird, schiebt dasselbe über das Rohr auf, so dass dieses gerade die Mitte einnimmt, und befestigt es in geeigneter Weise. Nun schiebt man in die untere Oeffnung ganz lose zwei halbe Korke, welche dieselbe gerade verstopfen, und füllt die Hülse mit einem geeigneten Kitt, z. B. Gypsbrei aus. Die vorstehenden Korke können schließlich abgeschnitten werden.



Fig. 485.

12) **Aufliegende Hülse.** Ist ein Rohr nur an einseitiger Verschiebung längs seiner Achse zu hindern, so versieht man dasselbe mit einer Hülse, welche mit ihrem Rande an eine Hemmung, z. B. die Ränder einer Oeffnung, durch welche das Rohr hindurchgeführt ist, anstößt. Die Hülse kann angekittet sein, wie bei Fig. 486, oder falls nur geringe Widerstandskraft erfordert wird, lediglich federnd dem Rohr anliegen. Im einfachsten Falle dient ein Stückchen Kautschukschlauch, welches auf das Rohr aufgestreift wird.

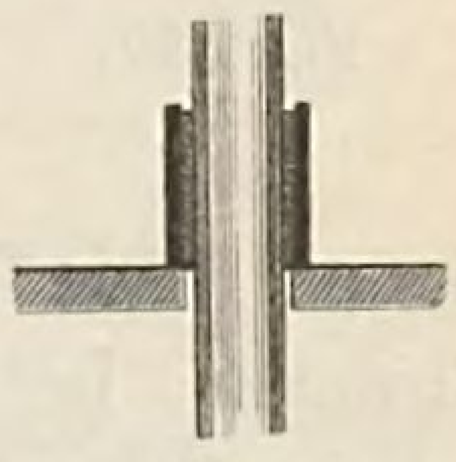


Fig. 486.

13) **Glasrohr mit Wulst.** Statt wie zuvor eine Hülse auf das Glasrohr aufzukitten, kann man, was oft der Einfachheit halber oder aus anderen Gründen vorzuziehen ist, das Glasrohr an der betreffenden Stelle bauchig aufblasen. Die Ränder der Oeffnung müssen dann wohl abgerundet sein und aus einem weichen

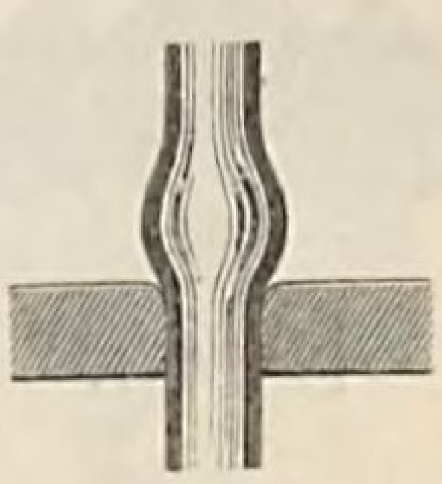


Fig. 487.

Material bestehen, da sonst in dem Wulst sehr leicht ein Sprung entsteht.

14) **Geschlitzter Ring.** Soll das Innere des Rohres seiner ganzen Länge nach sichtbar sein, z. B. zum Zwecke der Beobachtung eines Quecksilberniveau's, so muss der zur Befestigung dienende Ring geschlitzt werden. Den Ring kann man aus einem Stückchen starken Messingblech oder Bandeisen biegen und auf die Platte auflöthen, letzteres aber nur, falls eine Verunreinigung der Löthstelle durch Quecksilber absolut ausgeschlossen ist.

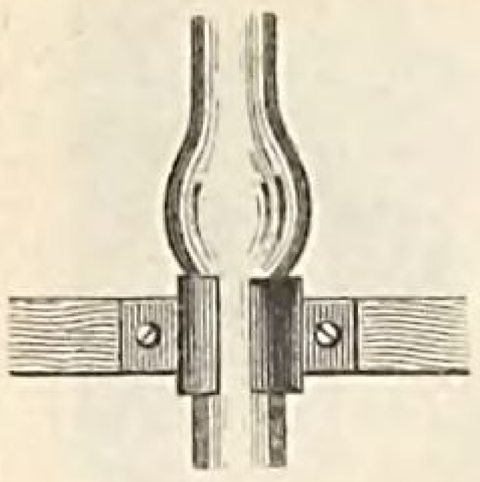


Fig. 488.

15) **Hülse mit Korken.** Eine Glasröhre, die nicht unmittelbar auf einer breiten Unterlage befestigt werden kann, sondern von einer freistehenden Säule oder einem hervorragenden Arm getragen werden soll, wird zweckmäßig durch ein Gasrohr-T-Stück hindurchgeführt und in diesem durch zwei angeschraubte conische durchbohrte Korke befestigt. Beim Einschrauben pressen sich die Korke in Folge ihrer conischen Gestalt sehr fest an.

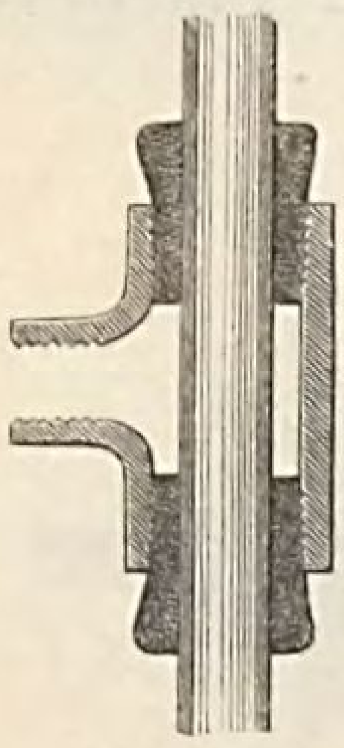


Fig. 489.

16) **Aufliegende Klemme.** Ist ein einseitiger Zug unschädlich zu machen, nach Wunsch aber auch Verschiebung des Rohres nach beiden Richtungen zu ermöglichen, so versieht man das gleichfalls wieder durch eine Hülse hindurchgeführte Rohr mit einer zweischaligen Schraubenklemme, welche auf der Hülse aufliegt. Letztere wird mit einem weichen Ueberzug, z. B. Siegellack, auf ihrer innern Seite versehen, um etwaigem Ritzen des Rohres durch scharfe Eisentheilchen vorzubeugen. Die Vorrichtung ist besonders von Nutzen bei größeren Rohrleitungen, bei welchen eventuell kleine seitliche Verschiebungen gestattet sein sollen, solche längs der Achse aber, wenigstens nach einer Richtung hin, nicht.

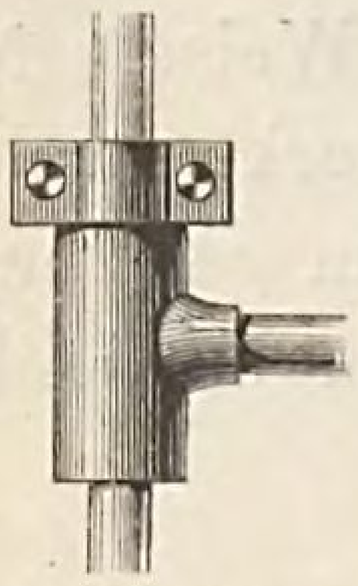


Fig. 490.

17) **Angelöthete Flantsche.** Zur Befestigung eines Rohres in einer Platte, durch welche dasselbe hindurchgeführt ist, dient am vortheilhaftesten, falls einfaches Einkitten nicht wohl angebracht scheint, die Befestigung durch eine angelöthete Scheibe mittels Schrauben, wie dies die Figur zeigt. Glasröhren müssen natürlich eine Metallfassung erhalten. Vor dem einfachen Einkitten hat diese Befestigungsweise den Vorzug, dass sie sich jederzeit leicht lösen lässt.

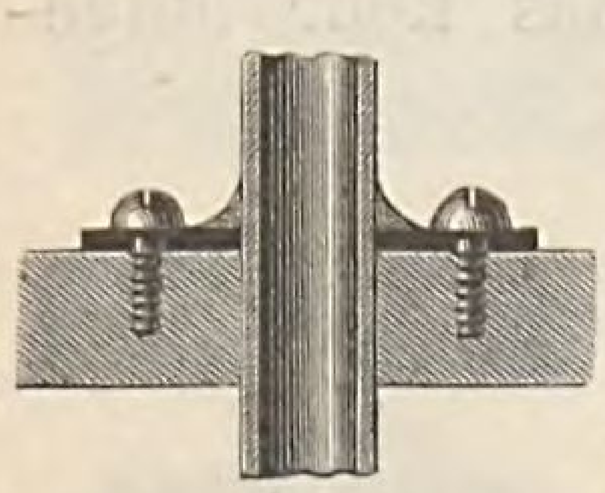


Fig. 491.

18) **Gasrohrwinkel mit Ansatz.** Soll die Befestigung eines Gasrohres da bewirkt werden, wo dasselbe rechtwinklig umbiegt, so feilt man eine Seite des winkelförmigen Verbindungsstückes flach und löthet daran eine rechteckige Platte aus Flacheisen mit Löchern zur Aufnahme der Befestigungsschrauben. Auch kann man im Handel solche Verbindungsstücke erhalten, an welche bereits eine Platte angeschweißt oder angegossen ist.

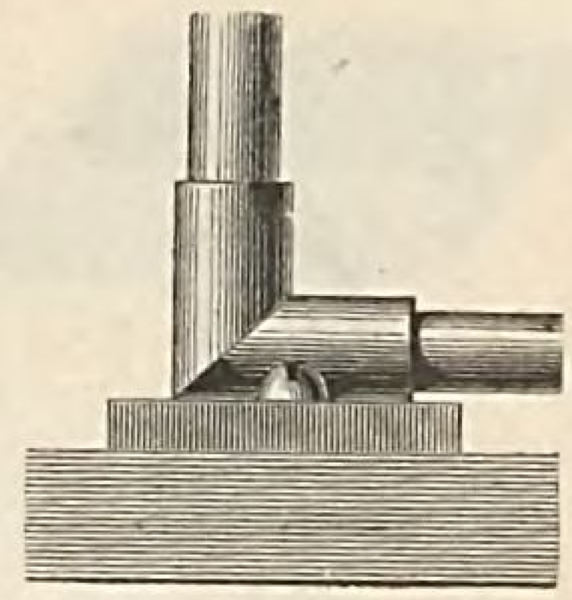


Fig. 492.

19) **Gasrohr-T-Stück mit Ansatz.** In gleicher Weise kann auch ein T-Stück mit einer Ansatzplatte versehen werden. Zweckmäßiger verwendet man ein solches, wie es fertig zu beziehen ist. Da Winkelstücke häufig nicht wohl gut rechtwinklig angefertigt sind, so kann ein T-Stück, dessen eine Oeffnung verstopft wird, zuweilen zweckmäßig dazu verwendet werden, wenn es sich darum handelt, eine Röhre genau rechtwinklig zu einer Fläche fortzuführen.

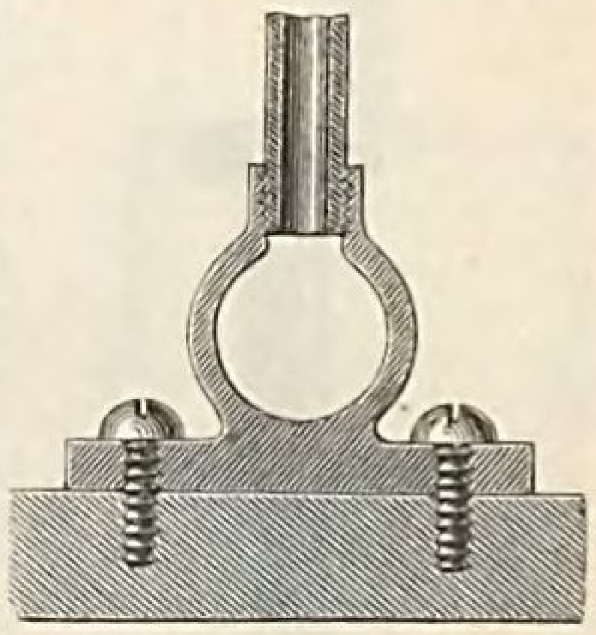


Fig. 493.

20) **Brennerbefestigung.** Gasbrenner, welche an eine Mauer angeschraubt werden sollen, werden auf einem eingegypsten Holzblock befestigt. In eine Bohrung dieses Blockes ist bereits vor dem Eingypsen das Bleirohr vermittelst einer Fassung aus Messing befestigt worden. An letztere wird dann der Brenner angeschraubt und der größeren Sicherheit halber auch noch mittels einiger durch die angegossene Flantsche getriebener Holzschrauben befestigt.

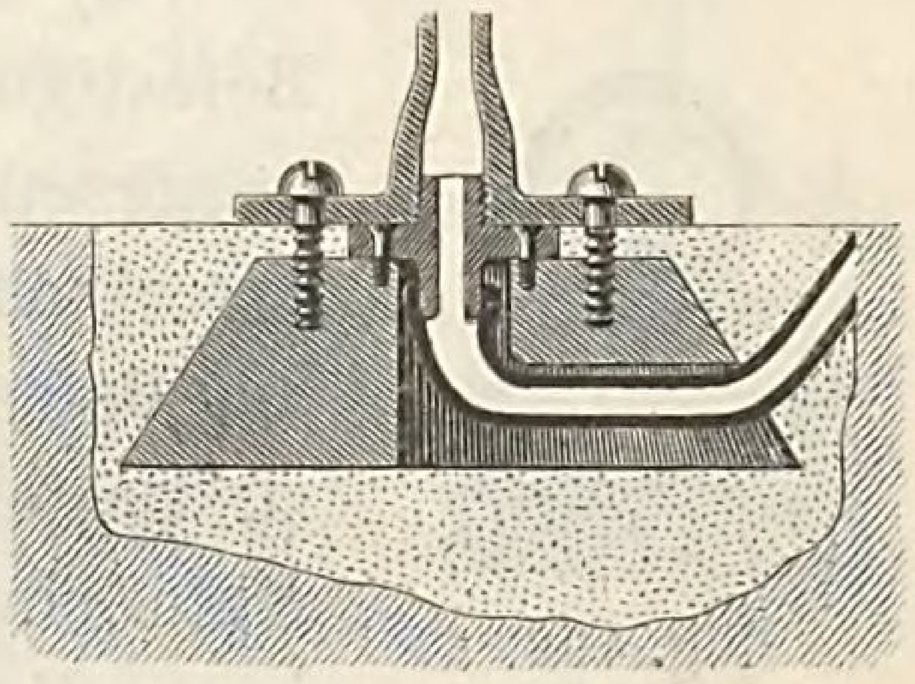


Fig. 494.

XI. Befestigung durch Anbinden und Aufhängen.

1) **Haken und Ringe.** Das einfachste Mittel zum Aufhängen verschiedener Gegenstände bieten halb eingetriebene Stifte und Schrauben. Zweckmäßiger sind die im Handel fertig zu beziehenden Haken- und Ringschrauben, deren gebräuchlichste Formen in der Figur dargestellt sind.

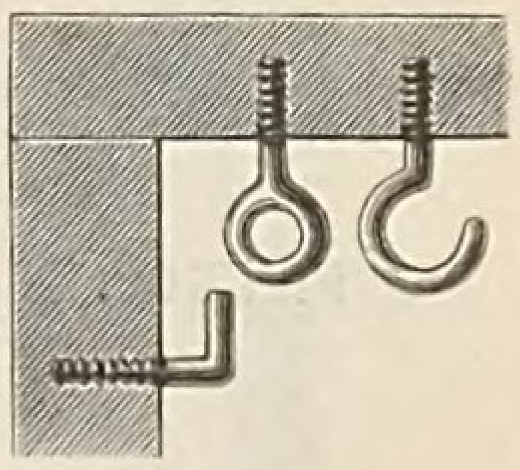


Fig. 495.

2) **Haken mit Mutter.** Für starke Belastungen sind einfache Schrauben unzureichend, zumal wenn sie in weiches Holz eingeschraubt sind. Man verwendet durchgehende Haken, welche mit Mutter und Unterlegscheibe versehen sind und einen kräftigen Ansatz besitzen, um die Mutter fest anziehen zu können.

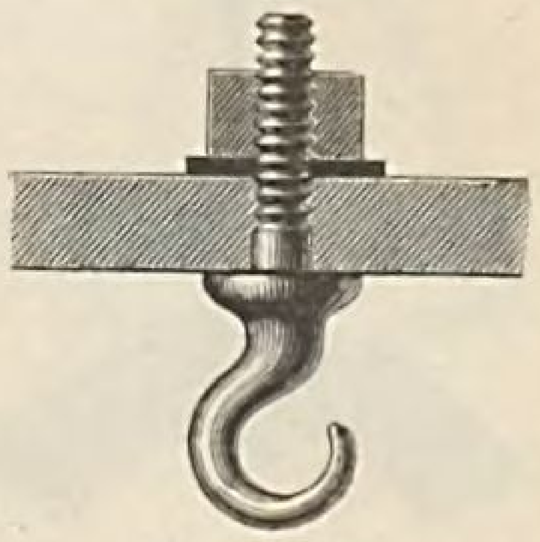


Fig. 496.


Fig. 497.

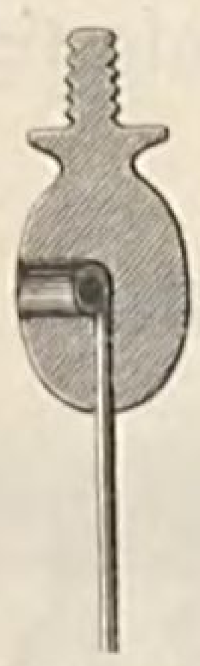
3) **Spiralhaken.** Ist der angehängte Gegenstand starken Schwankungen ausgesetzt, so liegt die Gefahr nahe, dass er bei allzu heftiger Bewegung dem Haken entgleite. Man vermeidet dies durch eine spiralige Verlängerung des Hakens. Ein solcher Spiralhaken kann auch zweckmäßig statt eines Ringes zum Festhalten einer ausgespannten Schnur dienen. Dieselbe kann von selbst nicht durch die Oeffnung entweichen, kann aber, wenn man ihre Spannung mindert, leicht seitlich entfernt werden, ohne dass man nöthig hat, das ganze Ende der Schnur durch die Oeffnung hindurchzuziehen.


Fig. 498.

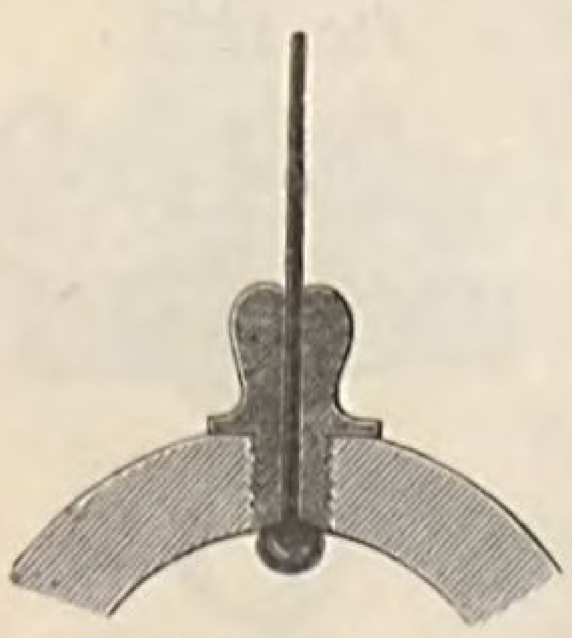
4) **Verschiebbarer Haken.** Zum Aufhängen der Coconfäden für Galvanometer und dergl. dienen kleine Haken, welche in einer federnden Hülse unter genügender Reibung verschiebbar sind. Der Haken ist dabei so klein, dass er ohne Anstoß aus der Hülse herausgezogen werden kann.


Fig. 499.

5) **Beweglicher Ring.** Ist eine Schnur an ihrer Befestigungsstelle häufigen Bewegungen hin und her ausgesetzt, so reibt sie sich bald durch. Es ist daher zweckmäßig, in solchem Falle bewegliche Ringschrauben zur Befestigung zu wählen, wie solche im Handel fertig zu beziehen sind. In Folge der geringeren Reibung des Metallringes wird dadurch die Verbindung zudem noch beweglicher.

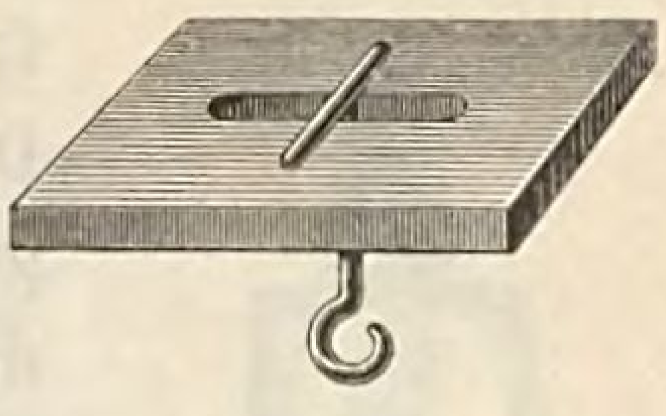

Fig. 500.

6) **Knopf mit seitlicher Oeffnung.** Wird gefordert, dass die zur Befestigung dienende Schnur an einem genau bestimmten Punkte angebracht sei, so bringt man daselbst einen mit Schraube versehenen, durchbohrten Knopf an und zieht die Schnur durch die Bohrung. Der Knopf wird gewöhnlich mit einer seitlichen weiteren Bohrung versehen, welche die axiale zu einem durchgehenden Canal verbindet und zur Aufnahme des Knotens dient, den man an das Ende der Schnur anbringt, um sie in der Bohrung zu fixiren.

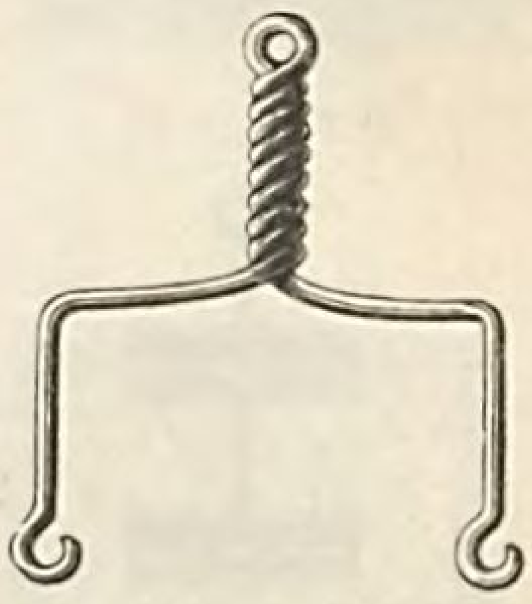

Fig. 501.

7) **Knopf mit axialer Bohrung.** Kann die Schraube, welche an den Knopf angesetzt ist, genügend großen Durchmesser erhalten, so ist die seitliche Bohrung entbehrlich, da die Schnur axial hindurchgeführt werden kann. Die Befestigung wird dadurch symmetrischer, hat aber den Nachtheil, dass man zum Einziehen der Schnur den Knopf ausschrauben muss.

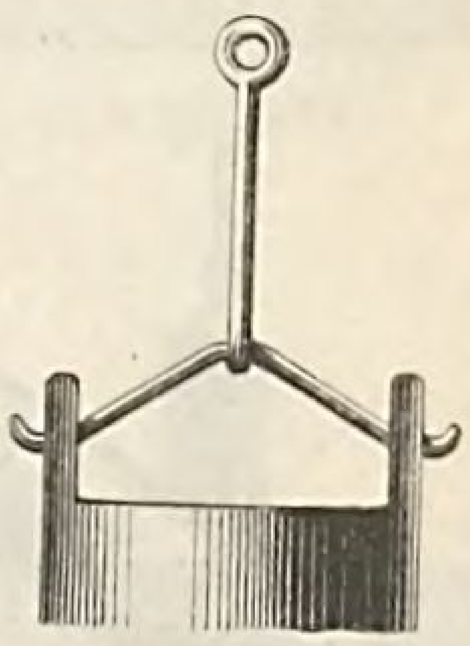
8) **Haken mit Anker.** Soll ein Haken nicht dauernd an einer Stelle befestigt sein, sondern rasch eingesetzt oder entfernt werden können, so versieht man denselben mit einem Querstab, welcher gerade in einen Schlitz einpasst, so dass er durch diesen hindurchgeschoben werden kann. Dreht man nun den Haken rechtwinklig zum Schlitz, so lässt er sich nicht wieder zurückziehen.


Fig. 502.

9) **Schiffchen für eine Nadel.** Um Stahlnadeln und dergleichen so aufzuhängen, dass sie leicht äquilibrirt und ausgewechselt werden können, dienen sogenannte Schiffchen. Eine sehr einfache Form eines solchen zeigt die beistehende Figur. Dasselbe ist einfach aus Draht in leicht ersichtlicher Weise zusammengebogen.


Fig. 503.

10) **Tragstab.** Um schwere Gegenstände, Eimer und dergl. leicht und sicher anhängen zu können, werden dieselben mit zwei Oesen versehen und durch diese ein Stab hindurchgesteckt. Derselbe wird zweckmäßig in der Mitte und an den Enden etwas aufgebogen, um etwaigem Verschieben vorzubeugen.


Fig. 504.

11) **Tragstab für Ketten.** Sehr schwere Körper, die nicht mit Oesen verbunden werden können, umbindet man mit Ketten und befestigt diese in den Einschnitten eines starken Tragstabs, welcher in seiner Mitte aufgehängt wird. Vorrichtungen dieser Art werden z. B. beim Aufwinden schwerer Körper mittels eines Krahns gebraucht. Die Einschnitte, in welche die Ketten eingehängt werden, müssen natürlich so gewählt werden, dass der Tragstab möglichst horizontal hängt.


Fig. 505.

12) **Tragring.** Gefäße von Kugel- und Trichterform werden zweckmäßig in einem Metallringe aufgehängt, der von drei in einer Oese zusammenlaufenden Drähten getragen wird. Letztere müssen genügend stark und derart gebogen sein, dass sich das Gefäß leicht einsetzen und wieder herausnehmen lässt. Ist das Gefäß dazu bestimmt, Quecksilber aufzunehmen, so vermeide man Zinn-Löthungen. Für größere Gefäße dienen Holzrahmen, wie sie bei Quecksilberluftpumpen Verwendung finden.


Fig. 506.

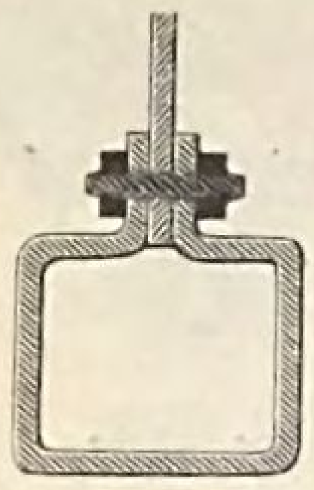


Fig. 507.

13) **Schiffchen für einen Stab.** Für dickere Stäbe fertigt man die Schiffchen nicht wie für Nadeln aus Draht an, sondern aus Blech. Man kann entweder eine geschlossene Hülse herstellen, und die zum Aufhängen dienende Oese daran anlöthen, oder, wie die Figur zeigt, die aufgebogenen Ränder durch Schrauben zusammenziehen und einen mit Oese versehenen Streifen gleichzeitig mit befestigen.

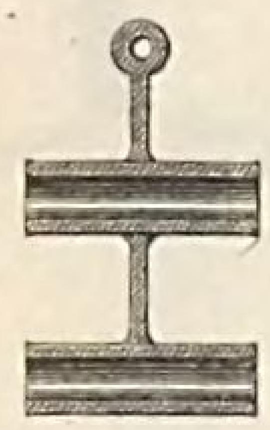


Fig. 508.

14) **Doppelschiffchen.** Die Doppelschiffchen, wie sie zur Aufhängung astatischer Magnetnadeln dienen, werden am zweckmäßigsten aus kleinen, dicht anschließenden Hülsen und Drahtstückchen hart zusammengelöthet. Man kann dieselben zwar auch aus Draht durch Umwickeln und Zusammendrehen herstellen, allein die gelötheten scheinen weit handlicher und dauerhafter, ohne dass ihre Anfertigung mühevoller wäre.

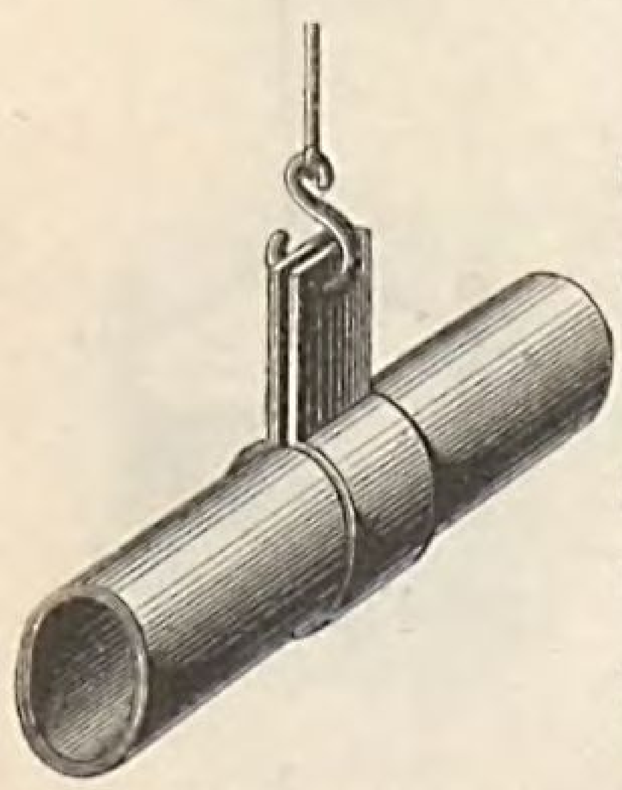


Fig. 509.

15) **Schiffchen für Röhren.** Längere freischwebende Rohrleitungen, insbesondere aus Blech hergestellte, müssen an einzelnen Punkten gestützt werden, was am zweckmäßigsten durch Aufhängen an Drähten geschieht. Um ein solches Rohrsystem leicht abnehmen und zerlegen zu können, werden die Drähte nicht unmittelbar umgebunden, sondern ein aus einem Blechstreifen verfertigtes Schiffchen umgelegt, welches mit Oesen zur Aufnahme eines Hakens versehen ist.



Fig. 510.

16) **Waagschale.** Dieselbe kann als Beispiel der Aufhängung flächenförmiger Körper dienen. Damit die Schale genau horizontal hänge, müssen natürlich die drei Aufhängeschnüre oder -Ketten entsprechende Länge haben. Um dieselben am Aufhängepunkte zu verknüpfen, nimmt man ein dreieckiges aus Blech verfertigtes Verbindungsstück zu Hülfe, in dessen drei Oesen die Schnüre eingezogen werden.



Fig. 511.

17) **Aufgehängte Kugel.** Wird eine Kugel an einer einzigen Schnur aufgehängt, so kann sie in jeder Ebene pendeln. Bei zwei Schnüren ist, falls diese wie bei nebenstehender Figur in einem Punkte befestigt sind, noch Bewegung in einer Ebene möglich. Sind die Fäden in zwei Punkten angesetzt, so wird daraus sogenannte bifilare Aufhängung, die in contrafilare übergeht, wenn

die eine Schnur nach unten, die andere nach oben geht. Eine dritte Schnur macht das Pendeln unmöglich.

18) **Angebundene Röhre.** Um ein senkrecht stehendes langes Rohr oder eine Stange in ihrer Lage zu sichern, werden drei Schnüre, Drähte oder Ketten an dem freien Ende angebracht und an geeigneten Punkten befestigt. Um die Schnüre anbringen zu können, legt man um das Rohr einen mit drei Haken versehenen Ring.

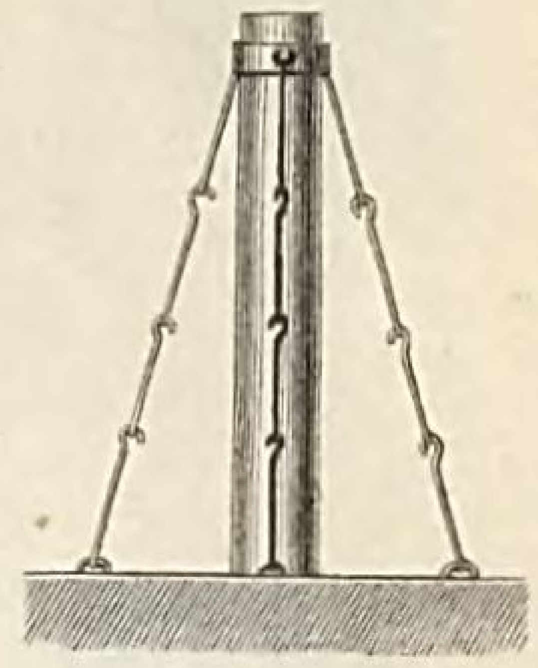


Fig. 512.

19) **Netzwerk.** Es erscheint zuweilen wünschenswerth, einen Körper leicht an einem beliebigem Punkte einer Ebene aufhängen zu können. Hierzu eignet sich ein grobmaschiges Drahtnetz. Auch an einer Glasfläche kann man einen Körper an beliebigem Punkte anhängen mittels eines pneumatischen Halters, d. h. eines flachen aus Kautschuk gefertigten Napfes, der sich beim Andrücken festsaugt, nach dem Prinzip der Saugnäpfe mancher niederen Thiere.

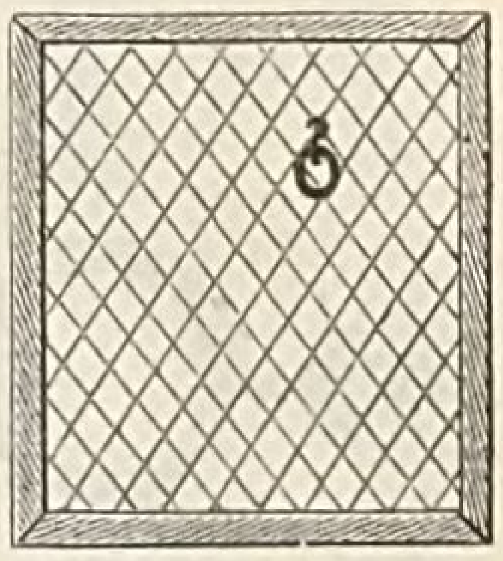


Fig. 513.

20) **Schwimmende Platte.** Um eine Platte so aufzuhängen, dass sie bei geringen Verschiebungen des Apparates sich immer sofort wieder genau horizontal einstellt, lässt man dieselbe auf einer Flüssigkeit, z. B. Quecksilber schwimmen. Damit sie nicht an den Rand des Gefäßes anstoße und dadurch in ihren Bewegungen gehindert werde, versieht man die Mitte mit einer Höhlung, in welche eine Spitze eingreift.

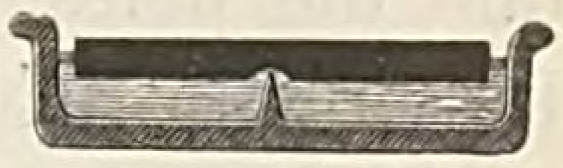


Fig. 514.

21) **Schwimmender Stab.** In ähnlicher Weise lässt sich unter Zuhülfenahme einer Flüssigkeit ein Stab derart befestigen, dass er sich stets von selbst genau vertical stellt. Das Schwimmen wird durch Anbringen eines Schwimmers, d. h. eines hohlen, mit Luft gefüllten Körpers ermöglicht und die senkrechte Stellung durch Anhängen eines Gewichtchens bewirkt. Um den Stab an eine bestimmte Stelle zu fixiren, versieht man das Gefäß mit einem in der Mitte durchbohrten Deckel.

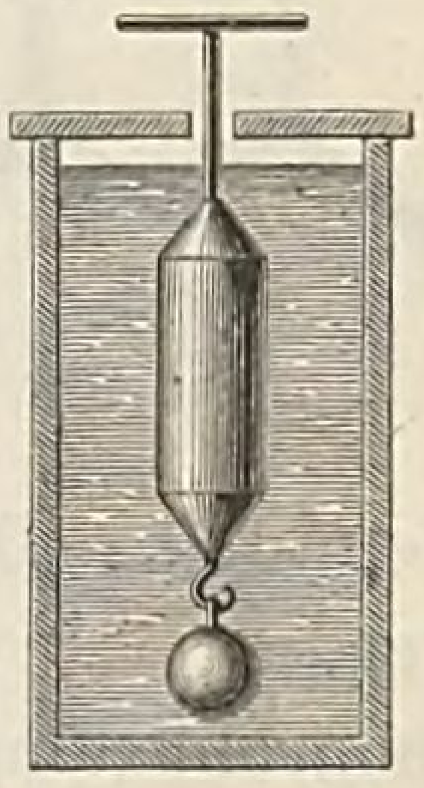


Fig. 515.

22) **Verankerter Schwimmer.** Körper, welche auf einer Flüssigkeit schwimmen, können durch Anbinden mittels dreier Schnüre in ihrer Lage festgehalten werden. Eine derartige Befestigung ist z. B. dann von Vortheil, wenn es sich darum handelt, dass der Körper bei zu starkem Drucke von oben nachgebe.

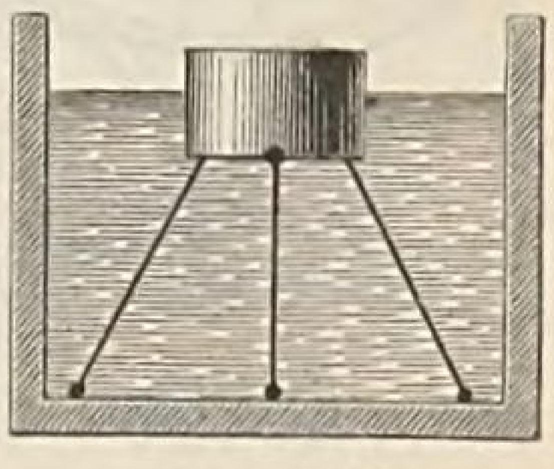


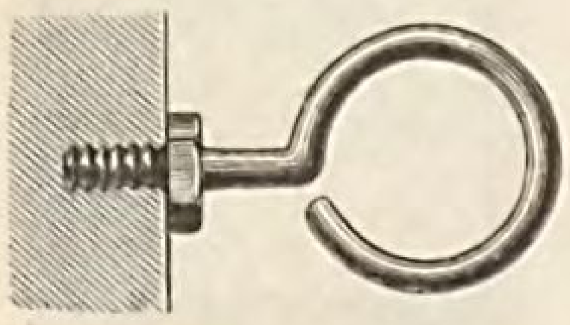
Fig. 516.


Fig. 517.

23) **Ballon.** Die Befestigung eines Luftballons erfolgt in bekannter Weise durch ein umgelegtes Netz von Schnüren, die sich unten vereinigen.

Ein solcher Ballon kann auch seinerseits dienen, um einen Körper mit mehr oder minder großem Zwang zu befestigen, und bietet zuweilen bei Apparaten, die ganz in Wasser eingetaucht sind, manche Vortheile vor andern Befestigungsmitteln.

XII. Füfse und Gestelle.


Fig. 518.

1) **Ring.** Derselbe dient speziell zur Unterstützung von Körpern mit gewölbter Basis, z. B. Schalen, kann indess auch in anderer Weise vielseitige Verwendung finden, indem man z. B. eine Platte oder einen Stab auflegt, die nun ihrerseits als Unterstützungsmittel dienen. Die Befestigung eines solchen, aus festem Draht verfertigten Ringes geschieht mit Hülfe eines am Stiel angebrachten Schraubengewindes. Dasselbe muss indess genau in das Muttergewinde einpassen und die Befestigung außerdem durch eine Gegenmutter gesichert werden. Durch selbstthätiges Lösen solcher Schrauben ist schon manches Unheil angerichtet worden. Wenn möglich, löthe man deshalb die Schraube ein.


Fig. 519.

2) **Drahtdreieck.** Ist ein Ring für den aufzulegenden Gegenstand zu groß, oder sind nur andere, nicht für den beabsichtigten Zweck eingerichtete Stützen vorhanden, so bedient man sich der Drahtdreiecke, d. h. Dreiecke oder Ringe aus drei Drahtstücken, welche an den Verbindungsstellen zu Fortsätzen zusammengedreht sind. Insbesondere finden solche Dreiecke bei chemischen Versuchen zur Unterstützung von Tiegeln Anwendung. Die Berührungsstellen des Drahtdreiecks mit dem Tiegel werden zur Abhaltung von Oxydationsprodukten mit Platinblech oder Thonrohr umgeben.


Fig. 520.

3) **Geschweifstes Dreieck.** Für schwere Tiegel sind Drahtdreiecke nicht hinreichend fest, man verwendet dann solche, die aus Eisenstäben zusammengeschweißt sind. Die Dreieckform hat vor der Ringform den Vorzug, dass der Tiegel nur in wenigen Punkten berührt und deshalb Ableitung der Wärme möglichst beschränkt wird.

4) **Drahtdreifufs.** Ein sehr einfacher Dreifuß wird hergestellt, indem man die Fortsätze eines Drahtdreiecks nach unten biegt. Ein Dreifuß aus starkem Draht kann erhalten werden, wenn man drei gleichlange Stücke in der in der Figur angedeuteten Weise biegt und durch feineren Bindedraht zusammenbindet.

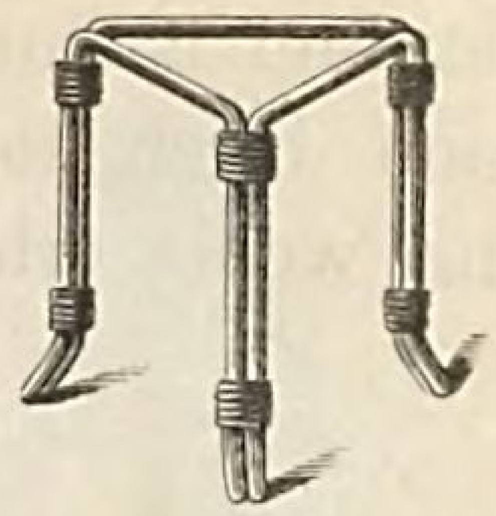


Fig. 521.

5) **Genieteter Dreifufs.** Beträchtlich haltbarer und nicht schwieriger herzustellen als solche aus Draht, sind Dreifüße aus Bandeisen. Die Verbindung erfolgt durch Zusammennieten. Das Bandeisen darf dabei nicht zu dünn gewählt werden, da sonst das Ganze in unangenehmer Weise federt. Die Federung ist in geringerem Maße vorhanden, wenn statt des cylindrischen Ringes ein flacher genommen wird, doch ist dann die Herstellung wesentlich schwieriger.

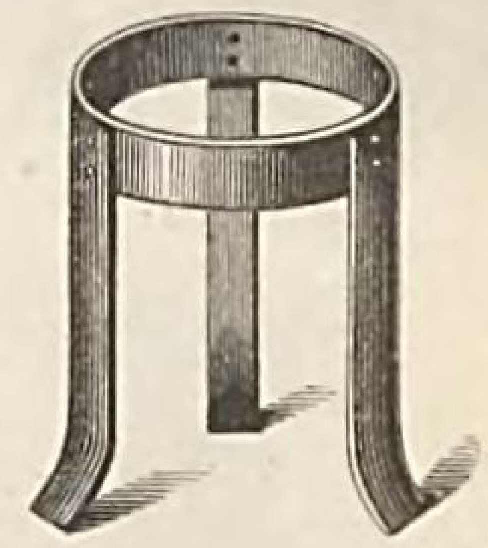


Fig. 522.

6) **Geschlitzter Dreifufs.** Soll ein Dreifuß dazu dienen, ein Gefäß aufzunehmen, welches nach unten einen langen nicht zu beseitigenden röhrenartigen Fortsatz besitzt, so wird der Ring an einer Stelle aufgeschlitzt, so weit, dass dieser Fortsatz ungehindert eingeschoben werden kann. Der Festigkeit halber ist es nöthig, in solchem Falle einen Flachring zu nehmen. Die Füße können statt aus Flacheisen auch aus Rundeisen gebildet und eingenietet werden.



Fig. 523.

7) **Bleifufs.** Häufig ist es nöthig, einen Stab mit einem Fuß zu versehen, derart dass der Stab vertikal stehen bleibt und zwar beträchtliche Stabilität besitzt. Sehr zweckmäßig sind hierzu Bleifüße, die man dadurch erhält, dass man Blei in einer kleinen berußten Pfanne schmilzt, erstarren lässt und umstürzt. Der Stab wird in eine Bohrung eingeschraubt, die man entweder nachträglich anbringen oder bereits beim Gießen durch Einsetzen einer gleichartigen, lehmbestrichenen und stark berußten Schraube aussparen kann.

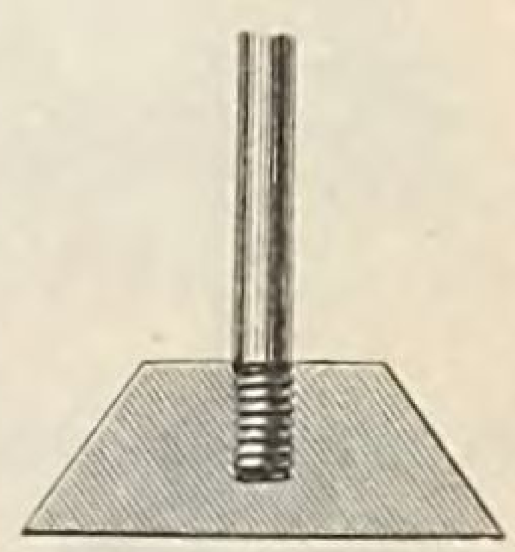


Fig. 524.

8) **Fufs aus gedrücktem Blech.** Die in voriger Weise angefertigten Füße besitzen, selbst wenn sie durch Lackiren verziert würden, immerhin ein unansehnliches Aeußere. Legt man hierauf Gewicht, so kann man in der Weise verfahren, dass man anstatt einer Pfanne eine Blechform nimmt, die man sich in gewünschter Weise auf der Drehbank gedrückt hat. Der Stab kann in diese zuerst eingelöthet und

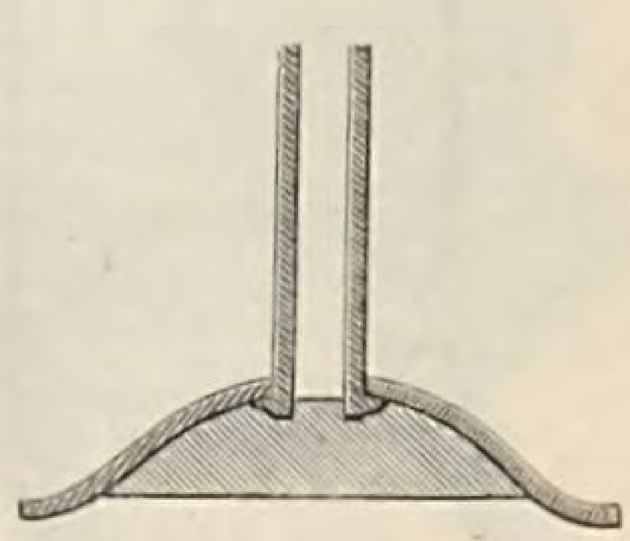
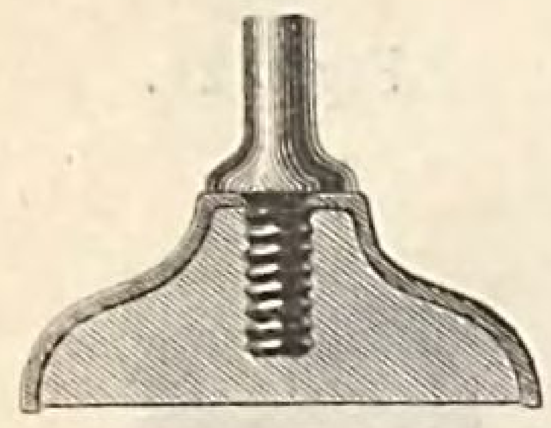
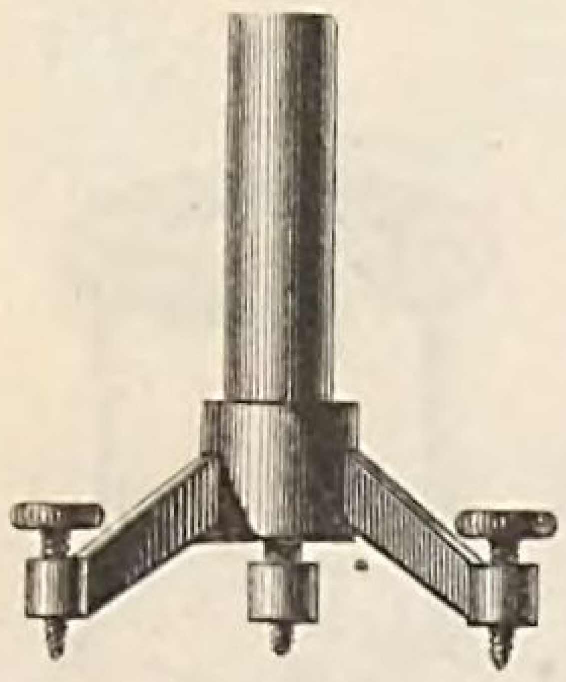


Fig. 525.

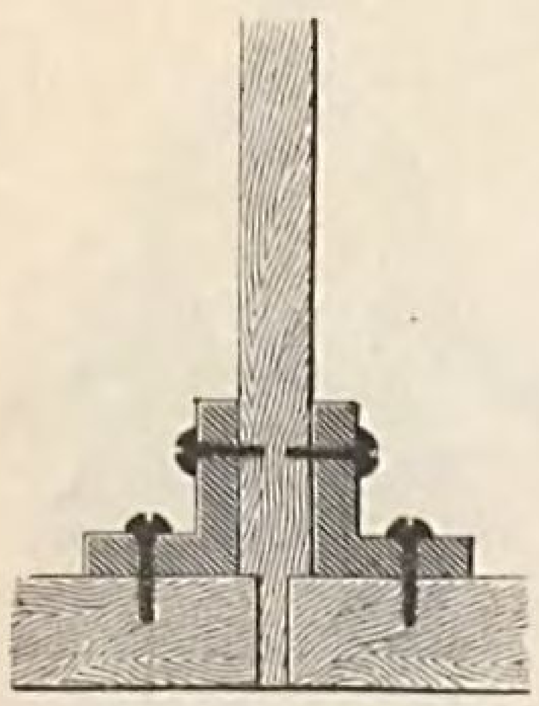
das Blei nachträglich eingegossen werden, nur muss die Löthstelle alsdann durch kaltes Wasser von außen gekühlt und anfänglich nur wenig und wenig erhitztes Blei eingegossen werden.


Fig. 526.

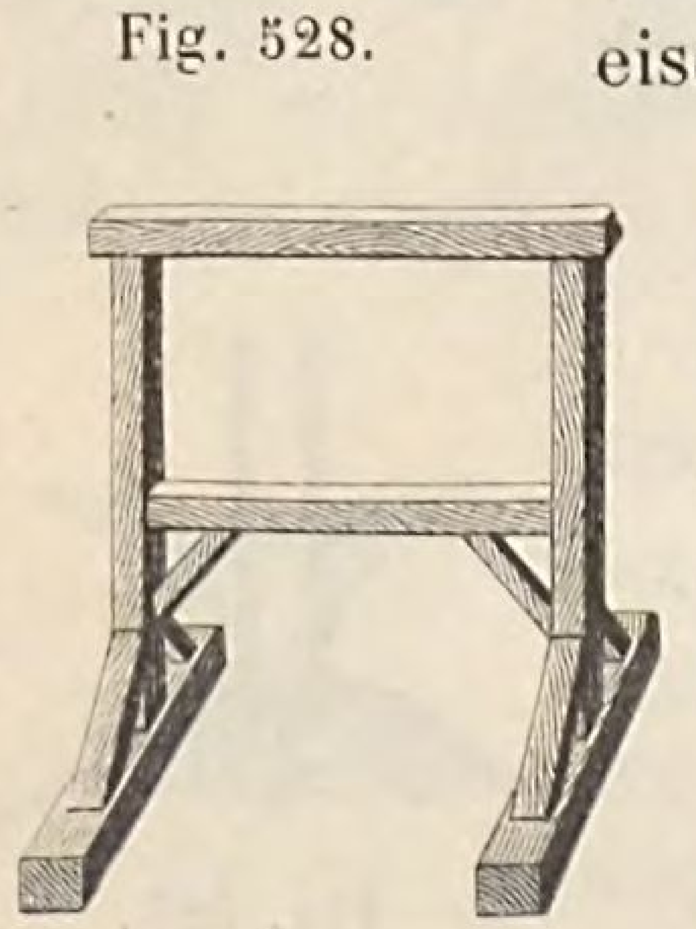
9) **Gedrückter Blechfuſs mit Gewinde.** Zweckmäßiger statt des Einlöthens ist auch hier das Einschrauben. Es ist dabei vortheilhaft, dem Stab einen breiten Ansatz zu geben, da sich die Bohrung in der Bleimasse in Folge der Weichheit des Materials bei vielfachem Gebrauch der Vorrichtung leicht erweitert und der Stab lose wird. Der Ansatz hindert dies und lässt außerdem das Ganze gefälliger erscheinen. Immerhin wird die Anfertigung dadurch erheblich schwieriger.


Fig. 527.

10) **Eiserner Dreifuſs.** Zur Aufnahme von Stäben, welche beträchtlichen Kraftwirkungen ausgesetzt sind, sind Bleifüße aus dem angegebenen Grunde unbrauchbar. Man wählt in solchem Falle einen Fuß aus Gusseisen, entweder einfach scheibenförmig, falls es sich nur um kleine Apparate handelt, oder dreifußartig, falls eine beträchtliche Basis nöthig ist. Sehr zweckmäßig sind an den Enden angebrachte Stellschrauben, welche ermöglichen, den Stab vertikal zu stellen.


Fig. 528.

11) **Holzstativ.** Holzstative sind im Vergleich zu Metallstativen sehr plump und weniger fest, sie sind dagegen weit leichter, federn (schwanken) weniger und können mit weit geringeren Kosten hergestellt werden. An den einzusetzenden Stab wird entweder ein Gewinde angeschnitten oder ein Zapfen angedreht, der in eine entsprechende Oeffnung der Fußplatte eingetrieben oder eingeleimt wird. Durch angeschraubte Winkel aus Flacheisen kann der Verbindung etwas größere Festigkeit verliehen werden.


Fig. 529.

12) **Holzgestell mit Streben.** Bei größeren Holzgestellen erfolgt die Sicherung der Verbindung durch Strebeleisten, d. h. Leisten, welche die beiden Schenkel eines Winkels miteinander verbinden. Häufig werden diese Strebeleisten nur mit Schrauben befestigt, sicherer ist es indess, dieselben einzuzapfen und gut zu verleimen.

13) **Holzgestell mit eisernen Streben.** Noch weit größere Festigkeit wird erzielt durch Aufschrauben eiserner Strebeleisten. Dieselben müssen indess, um Federn unmöglich zu machen, aus relativ starkem Flacheisen oder aus T-Eisen gebildet werden, namentlich dann, wenn nur eine Strebe angewendet werden kann, nicht zwei symmetrische. Bei Anwendung von T-Eisen muss natürlich an den zu befestigenden Enden die Mittelrippe abgemeißelt werden.

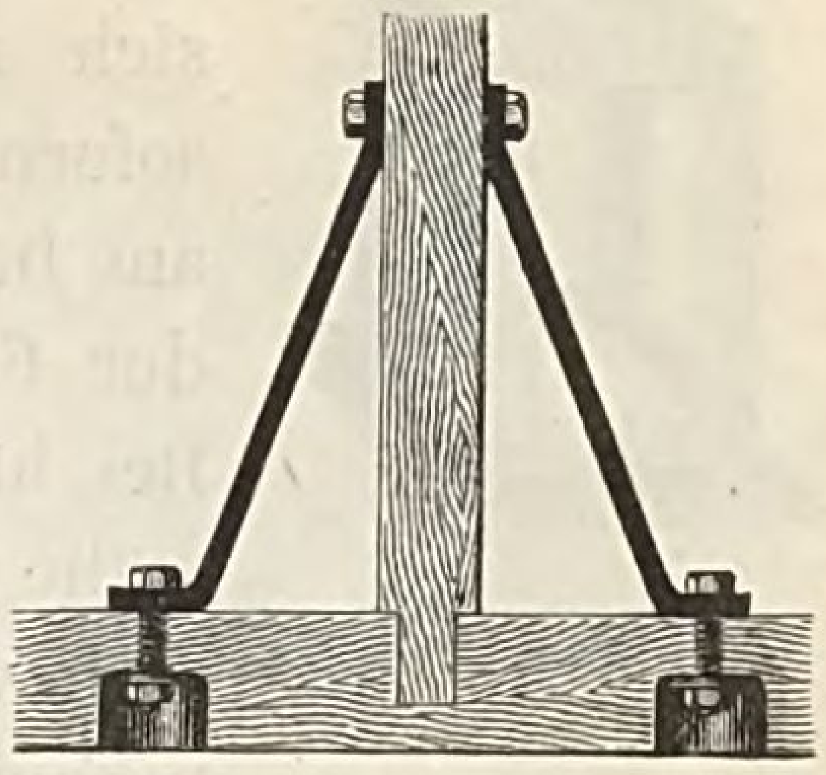


Fig. 530.

14) **Blechröhrengestell.** Stative von geringem Gewicht, großer Tragkraft und Sicherheit gegen Schwankungen können aus Blech zusammengelöthet werden. Selbst hohe Säulen können aus schwach conischen Blechröhren mit Leichtigkeit zusammengesetzt werden, indem man solche einfach ineinander einschiebt, so dass sie sich zur Hälfte oder mehr überdecken. Immerhin haben Blechgestelle den großen Nachtheil, dass, wenn durch einen heftigen Stoß an einer Stelle eine Einknickung erzeugt wird, leicht der ganze Bau zusammenstürzt.

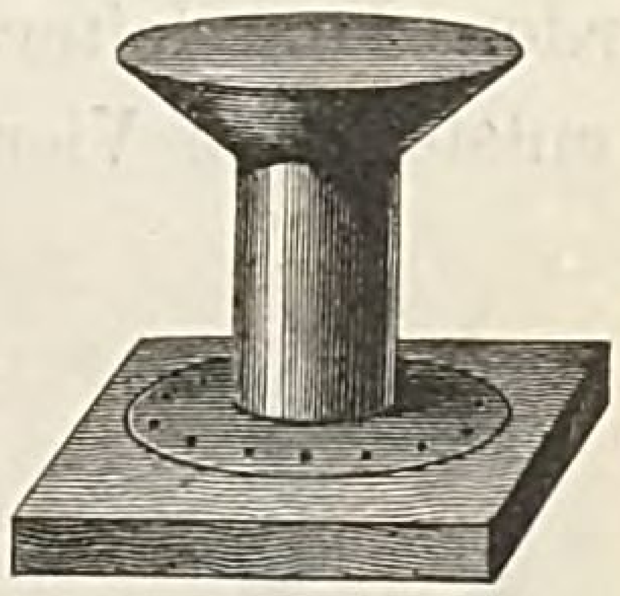


Fig. 531.

15) **Gasröhrengestell.** Sehr geeignet zur Herstellung größerer Gestelle sind eiserne Gasröhren. Dieselben lassen sich leicht abschneiden, mit Gewinde versehen und mit Hülfe der im Handel zu beziehenden Verbindungsstücke in beliebiger Weise vereinigen und befestigen. Dabei besitzen solche Gestelle im Verhältnis zu massiv hergestellten geringes Gewicht, gestatten dagegen nur schwer das Anbringen diagonaler Verbindungsstücke, welche zur Verhinderung des Schwankens bei größeren Stativen unentbehrlich sind.

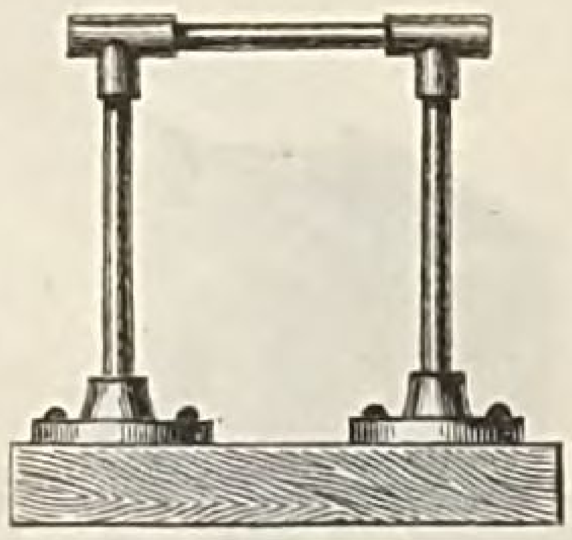


Fig. 532.

16) **Gestell aus Rund- und Flacheisen.** Gestelle aus Rundeisen sind insofern sehr bequem, als sich Flacheisenstäbe leicht aufschrauben lassen, überhaupt die Herstellung des Ganzen nur wenig Zeit beansprucht. Ferner können leicht Querbänder in beliebiger Stellung mittels je zwei Mutterschrauben angeklemmt werden, ebenso auch Muffen für Ringe, Klemmen und dergl., dagegen ist das Anbringen von Diagonalstäben zur Beseitigung des Federns ebenso wie bei Gasrohrgestellen mit Schwierigkeit verbunden.

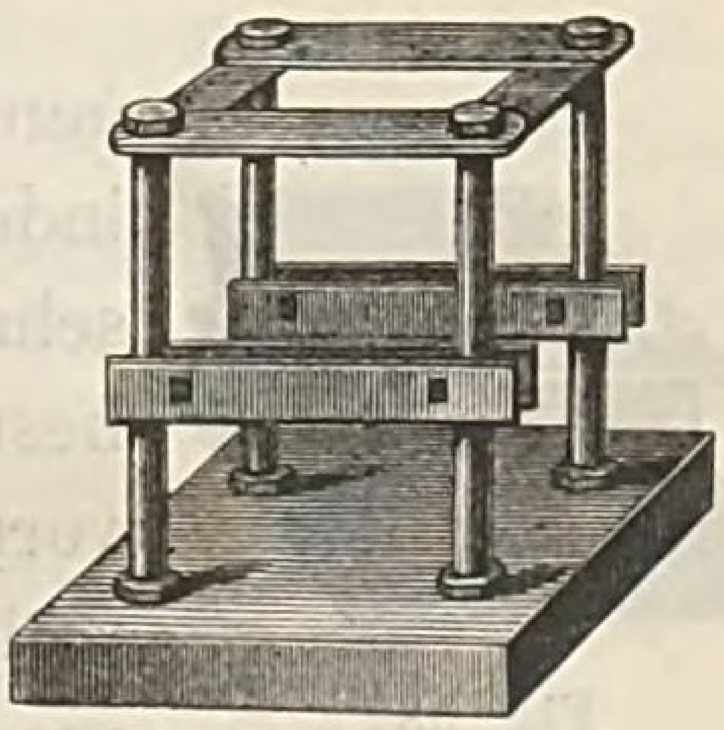


Fig. 533.

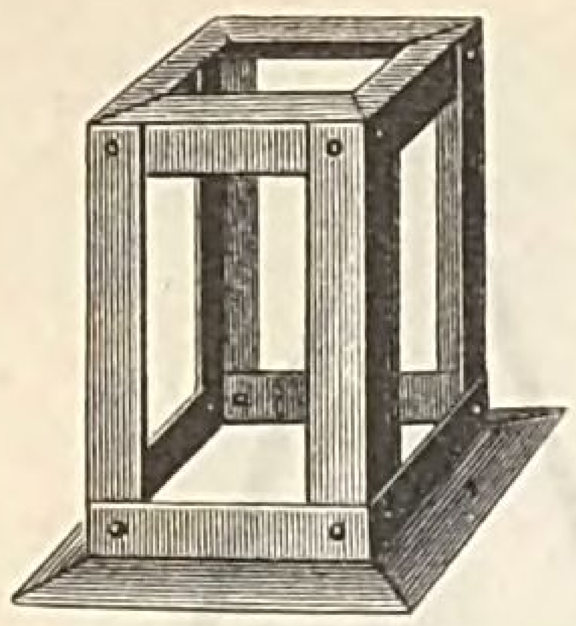


Fig. 534.

17) **Gestell aus Winkeleisen.** Winkeleisen eignet sich zur Herstellung größerer Gestelle, namentlich insofern man Schwankungen möglichst ausschließen will, am besten. Kleine niedrige Gestelle können in der in der Figur dargestellten Weise zusammengesetzt werden. Bei höheren bringt man auf jeder Seite zwei Diagonalstäbe aus Flacheisen an, was hier ohne weitere Umstände zu bewerkstelligen ist. Sehr hohen gibt man eine schlank pyramidale, obeliskenartige Form, so dass die untere Grundfläche wesentlich größer ist als die obere. Die Seitenflächen werden dann leiterartig mit mehreren Querstäben versehen, und jedes so entstehende Viereck erhält einen oder zwei Diagonalstäbe.

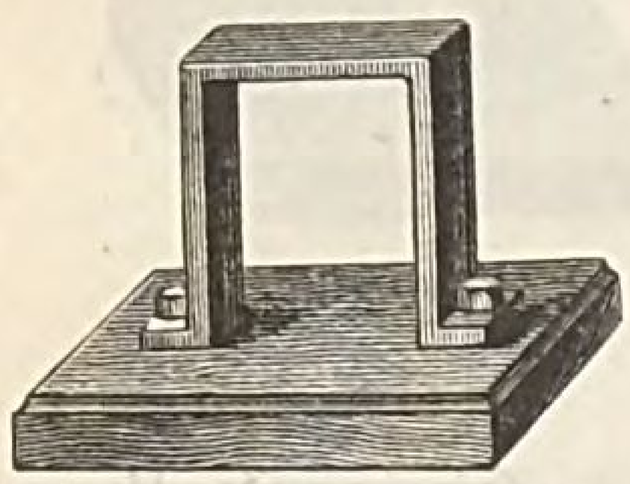


Fig. 535.

18) **Bügel aus Flacheisen.** Für manche kleine Apparate sind Gestelle ausreichend, welche einfach aus einem aus Flacheisen gebogenen Bügel bestehen, der fest auf eine hölzerne Grundplatte aufgeschraubt wird. Damit die Endflächen des Bügels sicher auf der Platte aufliegen, ist es vortheilhaft, dieselben schwach auszuhöhlen; jedenfalls dürfen sie nicht convex sein. Befestigung mit zwei oder mehr Schrauben auf jeder Seite ist vorzuziehen.

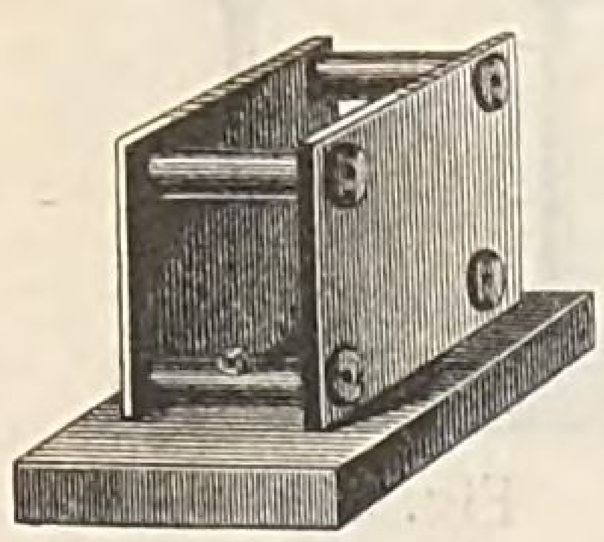


Fig. 536.

19) **Uhrgestell.** Für Uhrwerke besonders geeignet sind Gestelle aus zwei durch Querstäbe an den Ecken verbundenen Metallplatten. Die Befestigung auf der Grundplatte geschieht in der Weise, dass die beiden unteren Querstäbe durchbohrt und durch die Löcher Schrauben in die Grundplatte eingetrieben werden. Die Querstäbe werden in der einen Platte direkt eingeschraubt oder eingenietet, in die andere nur mittels der zapfenartigen Enden eingesteckt, und entweder durch Vorsteckstifte oder Schraubenmuttern festgehalten.

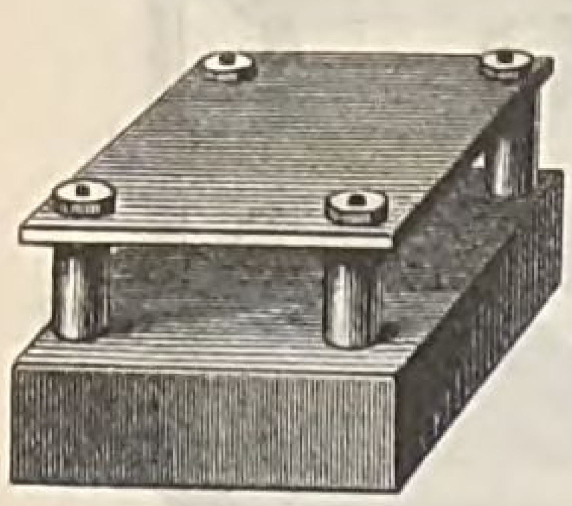


Fig. 537.

20) **Metalltischchen.** Dasselbe eignet sich für Gegenstände, die auf einer Platte befestigt werden sollen, indess nicht unmittelbar auf die Grundplatte aufgeschraubt werden können, sei es weil diese aus Holz besteht, oder weil einzelne Theile auf der Unterseite vorragen müssen und dergl. Als Metallplatte dient gewöhnlich ein starkes Messingblech. Die vier Säulchen werden in die Grundplatte eingeschraubt und die Metallplatte darauf durch Muttern befestigt oder umgekehrt.

21) **Gestell aus Gusseisen.** Abgesehen von ihrer Empfindlichkeit gegen rasche Stöße oder Schläge sind Gusseisengestelle sehr vortheilhaft und außerordentlich stabil, ohne dabei sehr theuer zu sein. Allerdings kann man höchstens das Modell selbst anfertigen und muss den Guss auswärts machen lassen. Den einzelnen Theilen gibt man möglichst T-Form, d. h. man fertigt Flächen durchbrochen an und versteift die übrig bleibenden Streifen durch eine senkrecht zur Fläche stehende Lamelle. Bei Anfertigung des Modells ist das Schwindmaß (lineare Zusammenziehung des erstarrenden Gusses um $\frac{1}{97}$) zu berücksichtigen und außerdem muss dasselbe aus einzelnen Theilen derart gebaut sein, dass sich diese aus der Form herausnehmen lassen, ohne dieselbe zu beschädigen.

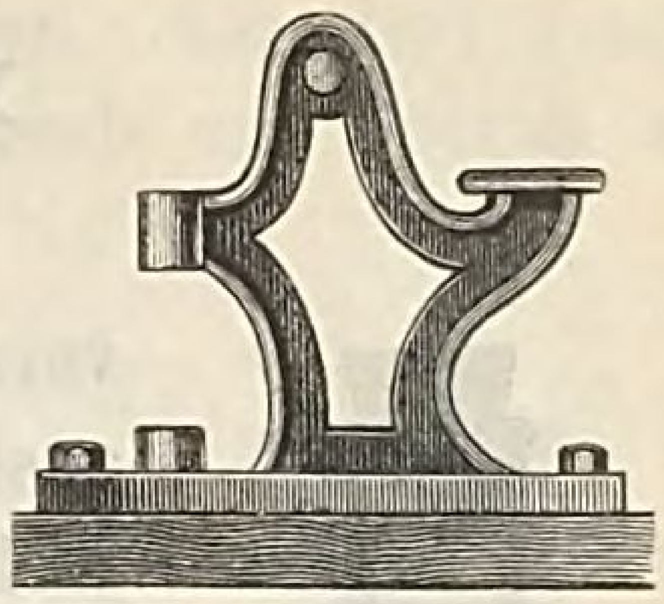


Fig. 538.

22) **Gitterträger.** Bereits bei Gestellen aus Winkeleisen wurde erwähnt, dass einer federnden Deformation des Ganzen durch Einfügung von diagonalen Querstäben vorzubeugen sei. Noch mehr gilt dies von langen horizontalen Trägern aus Flacheisen. Eine Gitterbrücke liefert hierzu ein bekanntes Beispiel aus der Bautechnik. Die Verbindung der einzelnen Stäbe erfolgt durch Vernieten. Ein sehr einfaches Beispiel für das Prinzip ist der Wagebalken einer Analysenwage.

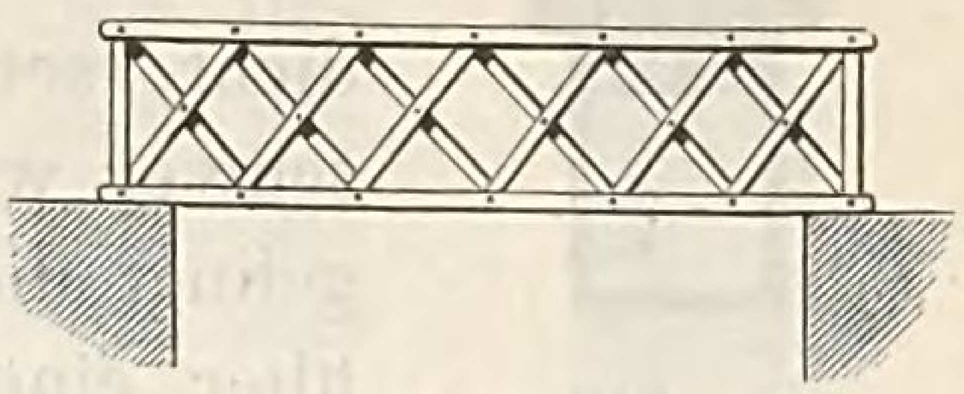


Fig. 539.

23) **Hängesäule.** Lange, schwer belastete Balken biegen sich beträchtlich durch und müssen deshalb selbst dann eine Verstärkung erhalten, wenn ein Bruch noch nicht zu befürchten wäre. Man könnte z. B. auf der unteren Seite zwei Strebeleisten anbringen, welche gegen ein dem Balken anliegendes Mittelstück anstoßen und so gewissermaßen ein Gewölbe bilden, auf welchem der Balken ruht, oder man könnte sich der in der Figur dargestellten Anordnung bedienen, oder auch durch starke, auf beiden Seiten angebrachte und durch durchgehende Schrauben verbundene Eisenbleche den Balken verstärken.

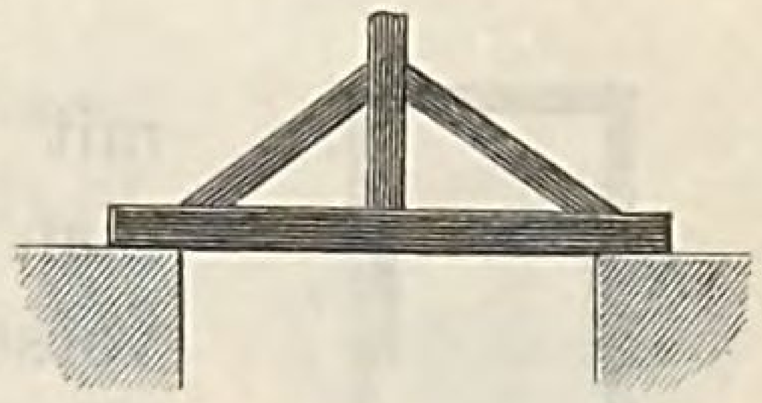


Fig. 540.

XIII. Deckel und Verschlüsse.



Fig. 541.

1) **Kork- und Kautschukstopfen.** Korkstopfen sind vorzuziehen bei Gefäßen, die eine höhere Temperatur aushalten sollen oder ölige Flüssigkeiten enthalten, in welchen Kautschuk aufquillt, also zerstört würde. Um ein dichtes Anschließen der Korkstopfen zu ermöglichen, werden dieselben zuerst mit einer Korkzange oder durch Rollen unter Pressung weichgedrückt.

Kautschukkorke dürfen nur schwach conisch sein, da sie sich sonst leicht von selbst lösen, namentlich wenn sie mit wässrigen oder öligen Flüssigkeiten benetzt sind.

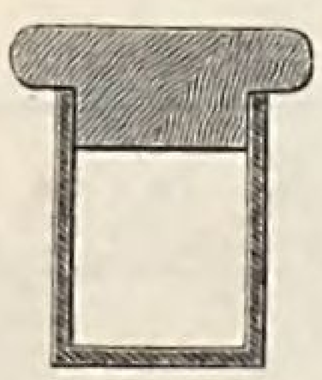


Fig. 542.

2) **Glas- und Holzzapfen.** Glasstöpsel werden bekanntlich eingeschliffen und halten, wenn eingefettet, gut dicht, setzen sich indess gerne fest, so dass sie nur schwer wieder gelöst werden können. Am leichtesten gelingt dies, indem man den Flaschenhals einige Male über einer Flamme hin- und herdreht, so dass derselbe rasch erhitzt wird, also sich ausdehnt, während der noch kalte Stöpsel seine frühere Größe behält. In manchen Fällen genügt vorsichtiges Klopfen mit einem Stück Holz. Holzzapfen werden, um sie dicht zu machen und gegen Feuchtigkeit zu schützen, mit Paraffin oder Wachs durchtränkt, d. h. einige Zeit darin gekocht (eventuell unter gleichzeitiger Evacuirung).



Fig. 543.

3) **Deckel aus Pappe.** Um eine Hülse aus Pappe mit einem übergreifenden Deckel zu versehen, leimt man an den Rand derselben auf der Innenseite einen vorstehenden Ring aus Pappe. Der Deckel wird alsdann über das gleiche Modell angefertigt wie die Hülse, muss also ebenfalls genau auf den Ring passen. Deckel auf Metallhülsen, wie sie z. B. bei photographischen Apparaten Anwendung finden, werden innen mit Sammt ausgekleidet, um das Aufschieben oder Wegnehmen zu erleichtern, ohne den Anschluss zu locker zu machen.

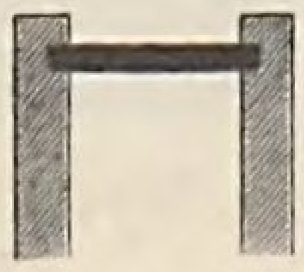


Fig. 544.

4) **Schubdeckel.** Dieselben werden etwas dicker als die Nuth, in welche sie einpassen sollen, angefertigt und alsdann längs des Randes so abgeschrägt, dass sie genau einpassen und sich leicht ausziehen lassen. In Folge des Verziehens, das sich bei Holzwaaren nicht vermeiden lässt, klemmen sie sich nicht selten fest und müssen wieder nachgearbeitet werden. Man verwendet

sie daher nur bei gröberen Arbeiten, die freie Seite wird mit einer seichten, scharf abgeschnittenen Vertiefung versehen, um dem Finger beim Ausziehen einen Halt zu geben, eventuell auch um Gewalt anwenden zu können.

5) **Uebergeschraubter Deckel.** Besonders häufig dienen solche als Verschlüsse von Messinghülsen. Auch eiserne Gasröhren erhalten derartige Deckel, die fertig im Handel zu beziehen sind. Soll ein luftdichter Verschluss erzielt werden, so wird der Rand der Hülse eben abgeschliffen und auch das Innere des Deckels gut ausgedreht und mit einer Platte von Kautschuk, Blei, Pappe oder Asbestpapier belegt. Größere Deckel erhalten seitliche Ansätze oder Vertiefungen, um sie mittels eines Schraubenschlüssels fest anziehen zu können. Kleinere werden nur gerändelt.

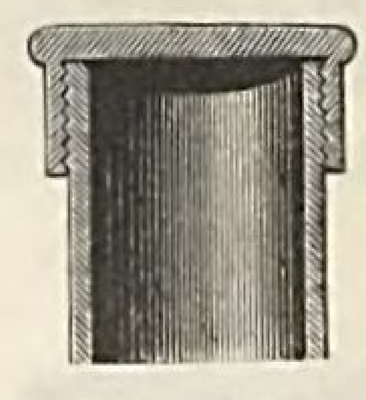


Fig. 545.

6) **Eingeschraubter Deckel.** Dieselben sind einfacher herzustellen als die vorigen, zuweilen auch bequemer, liefern indess weniger dichte Verschlüsse. Selbst Dichtung durch zwischengelegte Ringe aus Leder und dergl. ist unzuverlässig, da solche Ringe beim Anziehen leicht herausgequetscht werden. Um dies zu erschweren, dreht man in die Ränder von Hülse und Deckel schwache Rinnen ein. Gasröhrendeckel dieser Art erhalten einen viereckigen Zapfen zum Ansetzen eines Schraubenschlüssels und werden dadurch gedichtet, dass man mit Mennigekitt bestrichenen Hanf um die Schraubengänge wickelt.

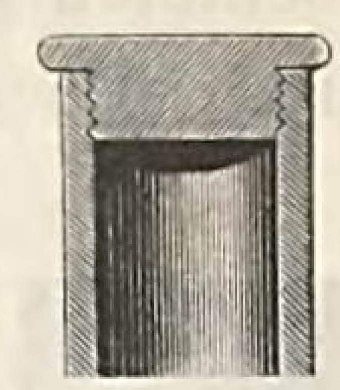


Fig. 546.

7) **Deckel mit Bügel und Schraube.** Besonderen Vortheil gewährt diese Verschlussweise bei großen Oeffnungen, wenn außerdem verlangt wird, dass sich der Verschluss leicht öffnen lasse. Wird die Schraube gelöst, so lässt sich der Bügel und auch der Deckel leicht entfernen. Damit letzterer sich nicht verschiebe, wird er mit zwei vorragenden Spitzen versehen, welche in entsprechende Vertiefungen des Gefäßrandes eingreifen. Ganz dichter Verschluss wird durch Zwischenlegen einer Dichtungsplatte bewirkt. Bei starkem Druck von innen würde ein solcher Deckel um so weniger schließen, je größer dieser Druck ist. Man kehrt deshalb in solchem Falle die Vorrichtung um, indem man den Deckel innen anbringt, den Bügel sich außen auf den Gefäßrand stützen lässt, so dass wachsender Druck den Deckel immer fester anpresst, den Verschluss also sicherer macht. Allerdings lässt sich dann der Deckel aus der Oeffnung nur herausnehmen, wenn diese länglich gestaltet ist.

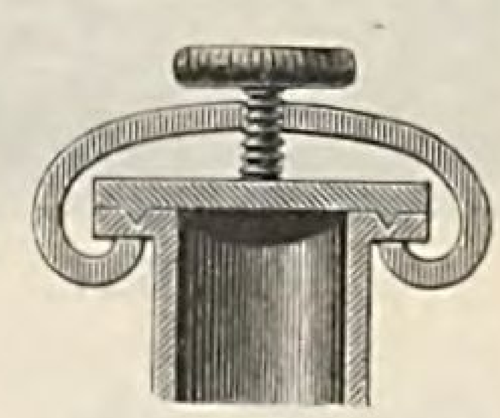


Fig. 547.



Fig. 548.

8) **Doppelter Glasverschluss.** Manche Substanzen machen eine Dichtung eines Glasstöpsels mit Fett unmöglich, oder es ist diese deshalb nicht zu gebrauchen, weil eine Verunreinigung der Substanz ausgeschlossen werden soll. Zuweilen genügt es in solchen Fällen, auf den äußeren Rand der Oeffnung eine Kappe aus Glas aufzuschleifen und, wenn nöthig, diese zu dichten.

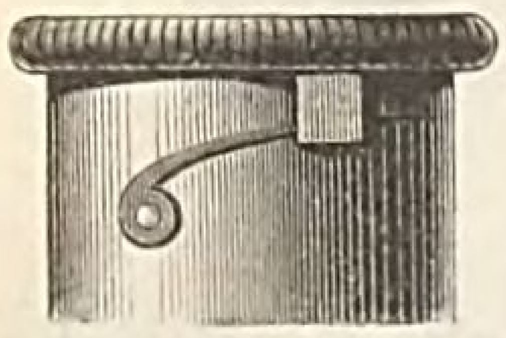


Fig. 549.

9) **Federverschluss.** Ist es nöthig, den Verschluss einer mittelgroßen Oeffnung häufig und rasch zu beseitigen und wird nicht gefordert, dass derselbe einem größeren Drucke von innen widerstehe, so kann man sich des Federverschlusses bedienen. Der Deckel wird an zwei gegenüberliegenden Stellen mit Haken versehen, welche in schief liegende, am Rande des Gefäßes befestigte Federn eingreifen und längs dieser beim Drehen des Deckels wie auf schiefen Ebenen gleiten oder richtiger die Federn heraufdrücken und dadurch die nöthige Spannung erzeugen.

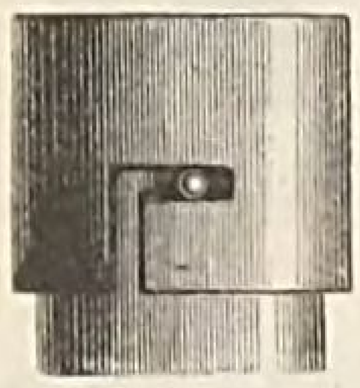


Fig. 550.

10) **Bajonettverschluss.** Derselbe ist leicht anzubringen und wieder zu entfernen und vermag auch Kräften, welche längs der Achse wirken, gut zu widerstehen, bewirkt aber Dichtung nur dann, wenn eine sehr elastische Platte zwischengeschoben wird oder besser eine Spiralfeder, welche dann ihrerseits auf die eigentliche Verschlussplatte drückt.

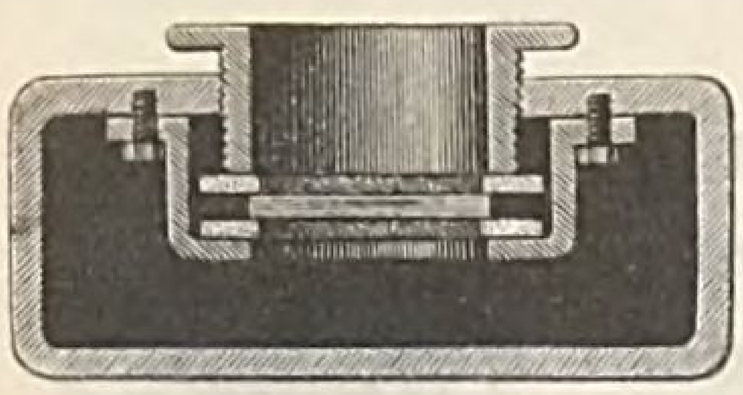


Fig. 551.

11) **Kleines Fenster.** Metallgefäße sollen häufig kleine Fenster erhalten, durch welche es möglich ist, in das Innere hineinzusehen. Diese Fenster sollen dicht schließen und auch sich leicht einsetzen und zum Zwecke der Reinigung wieder entfernen lassen. Soll überdies auf der Außenseite des Gefäßes kein größerer Vorsprung angebracht und bei zunehmendem Druck von innen der Verschluss dichter werden, so kann man die in der Figur angedeutete Methode wählen. Die Glasscheibe erhält solchen Durchmesser, dass sie sich nach Entfernung der ringförmigen Schraube aus der Oeffnung herausnehmen lässt.

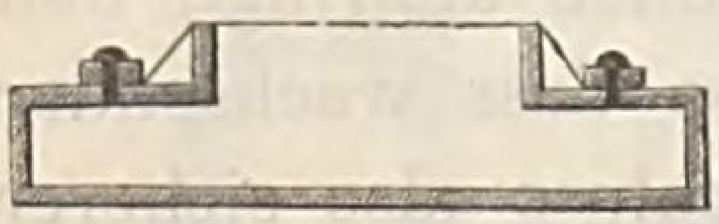
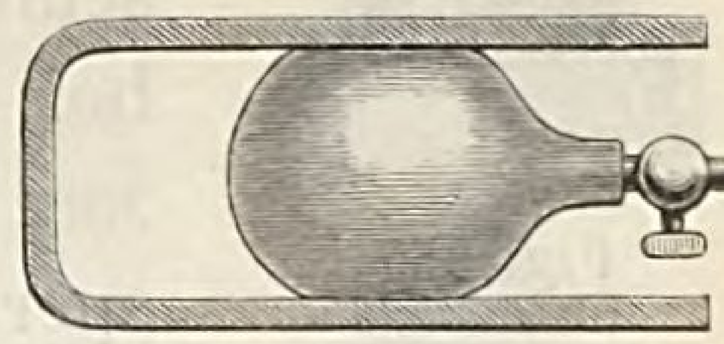


Fig. 552.

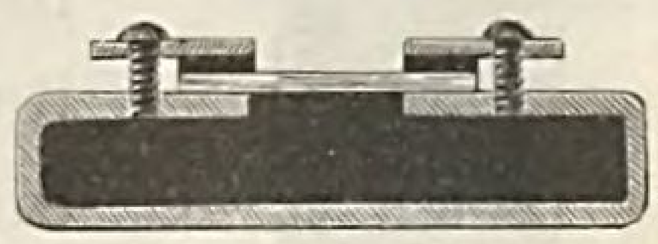
12) **Membranverschluss.** Um eine größere Oeffnung mit einer Membran etwa aus Kautschuk zu überspannen und zwar so, dass sich die Membran leicht abnehmen lässt, befestigt man letztere längs ihres Randes an einem Metallring und schraubt diesen mit einigen Kopfschrauben an. Es

ist gut, wenn derselbe nicht völlig aufliegt, denn man kann dann durch mehr oder minder festes Anziehen der Schrauben die Spannung ändern.

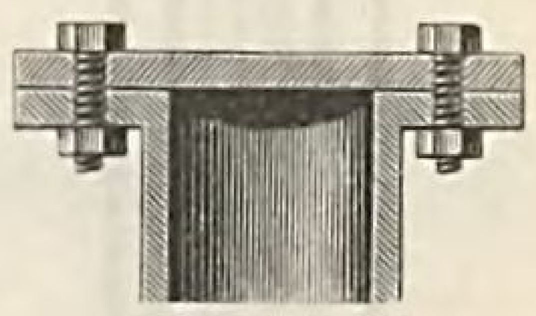
13) **Beutelverschluss.** Soll im Innern eines weiten Rohres ein luftdichter, leicht zu beseitigender Verschluss angebracht werden, so kann man hierzu einen Beutel aus Kautschuk verwenden, der sich im aufgeblasenen Zustand dicht an die Wandung des Rohres anschmiegt, beim Entleeren aber zusammenfällt und nur geringen Raum einnimmt. Das Rohr, durch welches das Aufblasen bewirkt wird, kann natürlich auf beliebige Entfernung weitergeführt werden.


Fig. 553.

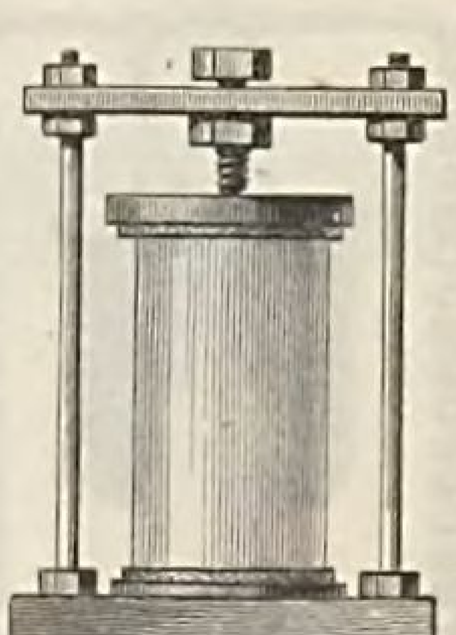
14) **Grofses Fenster.** Größere Fenster an Metallgefäßen werden zweckmäßig in besondere Rahmen aus Metall eingekittet und alsdann diese aufgeschraubt oder in anderer Weise befestigt. Zuweilen kann man indess auch in der Weise auskommen, dass eine Glasplatte unter Zwischenlegen eines aus Kautschukpapier geschnittenen Rähmchens mittels eines Metallrahmens angepresst wird. Es ist dann nöthig, auch auf die obere Seite der Platte einen starken Kautschukrahmen aufzulegen, um etwa entstandene ungleichmäßige Spannungen auszugleichen.


Fig. 554.

15) **Aufgeschraubter Deckel.** Größere zum Verschluss dienende Metalldeckel werden mittels Schraubbolzen eventuell unter Zwischenlegen einer Dichtungsscheibe befestigt. Der Verschluss ist sehr sicher und zuverlässig und lässt sich nur schwer öffnen, da mindestens vier, gewöhnlich aber sechs oder noch mehr Schrauben angewendet werden. Niemals sollten die Schrauben, wie dies häufig geschieht, angestrichen werden, was das Lösen natürlich außerordentlich erschwert.


Fig. 555.

16) **Glascylinderverschluss.** Beim Verschluss von Glascylindern tritt an die Stelle des einfachen Bügels, welcher sich hier nicht wohl befestigen lässt, ein entsprechendes Gestell. Der Rand des Cylinders wird eben geschliffen und ebenso auch der aufzulegende Deckel. Zweckmäßig ist es, letzteren mit vorspringendem Rand zu versehen, um das Herausquetschen des Dichtungsringes zu hindern.


Fig. 556.

Letzterer muss ziemlich dick gewählt werden, um die Differenzen der Wärmeausdehnung von Metall und Glas auszugleichen. Man kann indess auch einfach Papierdichtung wählen, wenn man zwischen Deckel und Schraube eine federnde Platte einschiebt.

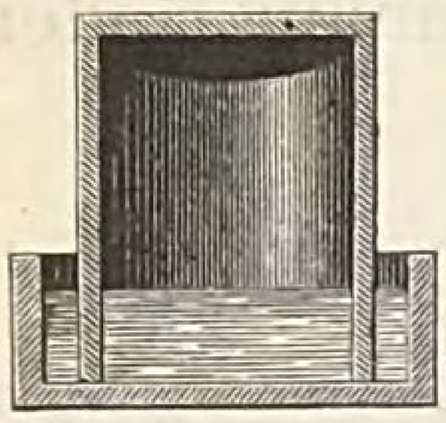


Fig. 557.

17) **Wasserverschluss.** Um Gase, welche keinen Ueberdruck gegen die Atmosphäre besitzen, völlig dicht abzusperren, eignen sich ausgezeichnet die Wasserverschlüsse. Allerdings können sie keine Anwendung finden bei Gasen, die in Wasser löslich sind, da solche langsam hindurchdiffundiren. Man verwendet dann als Absperrflüssigkeit Quecksilber, muss aber das Gefäß so schwer machen, dass es den Auftrieb des Quecksilbers zu überwinden vermag.

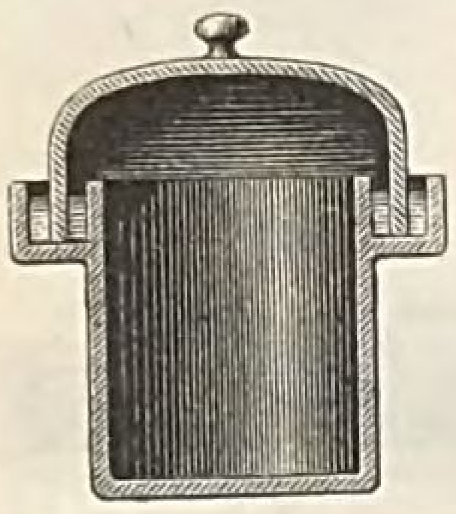


Fig. 558.

18) **Deckel mit Wasserverschluss.** Anstatt wie beim vorigen Beispiel den Boden des Gefäßes unter Wasserabsperrung anzusetzen, kann man solche auch beim Deckel anbringen. Es ist hierzu nur nöthig, den Rand des Gefäßes mit einer Rinne zu versehen, welche die Sperrflüssigkeit enthält und groß genug ist, den Deckel aufzunehmen. Oeffnungen von vielen Quadratmetern Querschnitt lassen sich so mit Leichtigkeit verschließen.

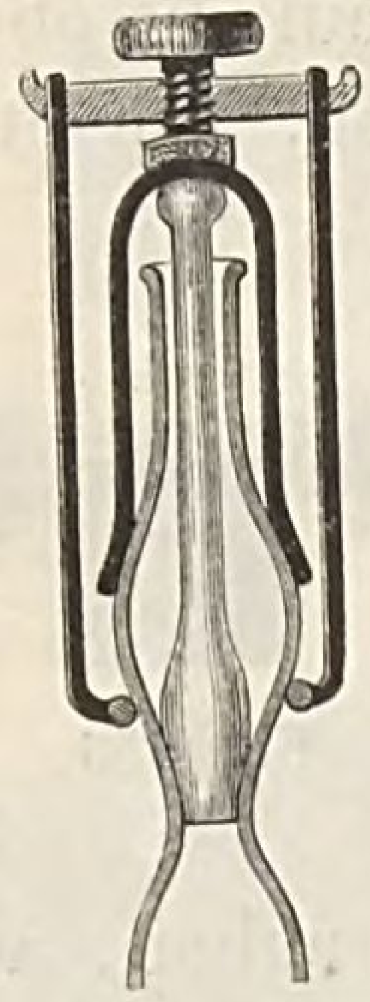


Fig. 559.

19) **Doppelter Glasverschluss mit Flüssigkeitssperrung.** Um in Glasröhren befindliche flüchtige Flüssigkeiten, welche bald unter Ueber- bald Unterdruck stehen, luftdicht abzuschließen, verlängert man den Hals zu einem nach oben sich verjüngenden Trichter, verschließt denselben mittels eines langstieligen Glasstöpsels und setzt eine aufgeschliffene Kappe darüber, welche durch Federn oder eine kleine Presse fest angedrückt wird. Das Ende des Stöpsels berührt die Innenseite der Kappe. Der Trichter wird mit etwas Flüssigkeit gefüllt.

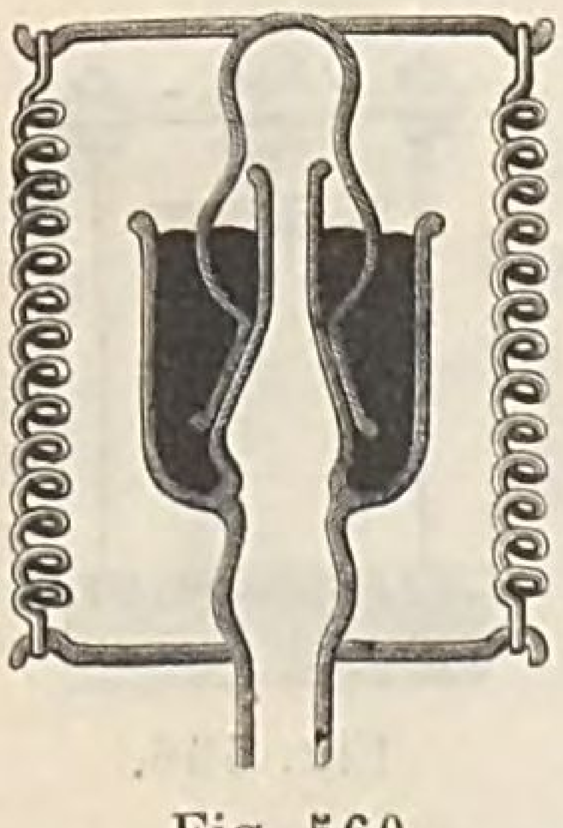


Fig. 560.

20) **Doppelter Quecksilberverschluss.** In Glasröhren eingeschlossene Gase oder Dämpfe mit starken Druckdifferenzen gegen die äußere Luft können durch eine aufgeschliffene, bauchig erweiterte Kappe abgeschlossen werden, welche außen und innen durch Quecksilber gedichtet ist und durch eine federnde Klemme kräftig angepresst wird. Ist der Verschluss nur gegen Unterdruck zu sichern, so ist die innere Quecksilbersperrung unnöthig.

XIV. Metallröhrenverbindungen.

1) **Gasrohrreductionsmuffe.** Eiserne oder messingene Röhren für Wasser-, Gas-, Dampf- und Luftleitungen werden durch kurze Rohrstückchen, sogenannte Muffen, welche auf die zu verbindenden Rohrenden aufgeschraubt werden, mit einander verbunden. Bei längeren Leitungen versieht man das eine Rohrende mit einem langen Gewinde, um die ganze Muffe auf dasselbe hinüber schrauben und dadurch die Leitung demontiren zu können. Die Dichtung erfolgt durch umgewickelten Hanf mit Mennige- oder Bleiweißkitt. Zur Verbindung von ungleich weiten Röhren nimmt man Reductionsmuffen.

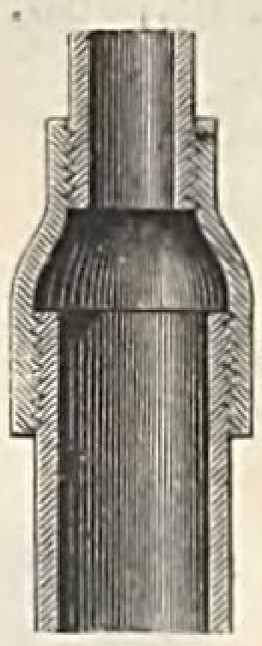


Fig. 561.

2) **Gasrohrwinkel.** Zur Vereinigung zweier derartiger Röhren im Winkel kann man im Handel ebenso winkelförmige Muffen erhalten, welche entweder geschweißt oder aus schmiedbarem Guss hergestellt sind. Geschweißte haben zuweilen an der Schweißstelle feine Poren, so dass bei sehr dicht herzustellenden Leitungen erst eine Probe vorzunehmen ist.

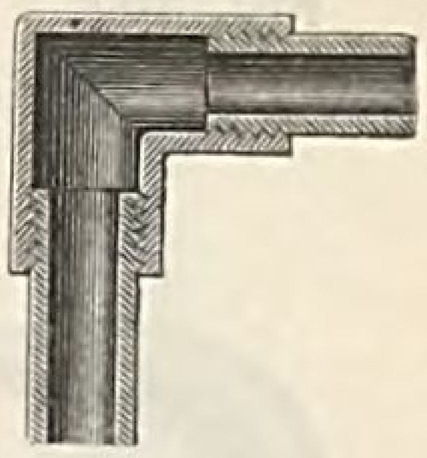


Fig. 562.

3) **Gasrohr-T-Stück.** Auch von diesen gilt das bereits Gesagte. Wollte man sich dergleichen Verbindungsstücke selbst herstellen, was nicht zu empfehlen ist, so müsste man sie mittels Hartloth zusammenlöthen, da eine Löthung mit Zinn beim Einschrauben des Seitenrohres zu wenig Widerstand bieten würde.

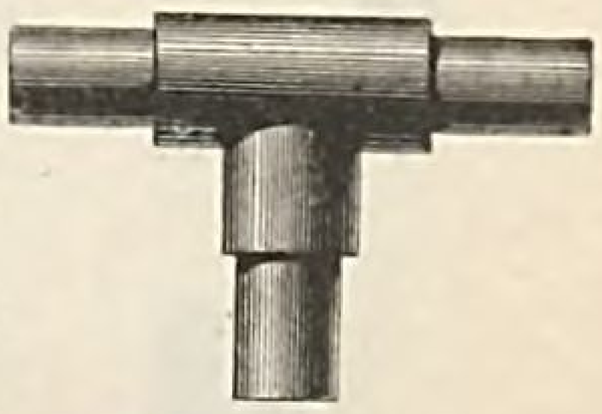


Fig. 563.

4) **Gasrohrkreuzstück.** Zur Selbstanfertigung sind solche Stücke noch weniger geeignet wie die vorigen. Man könnte etwa die eine Löthung mit strengflüssigem, die andere mit leichtflüssigem Loth ausführen, oder man müsste durch gute Befestigung etwa in einer Zange mit langen federnden Schenkeln dafür sorgen, dass während der Löthungen keine Verschiebung eintreten kann.



Fig. 564.

5) **Reductionswinkel.** Sind Röhren von verschiedener Weite im Winkel zusammen zu setzen, so gebraucht man dazu entsprechende Verminderungswinkel. Fehlt ein solcher, so kann man einen gewöhnlichen Winkel durch eine kurze Schraube (Nippel) mit einer Verminderungsmuffe verbinden.

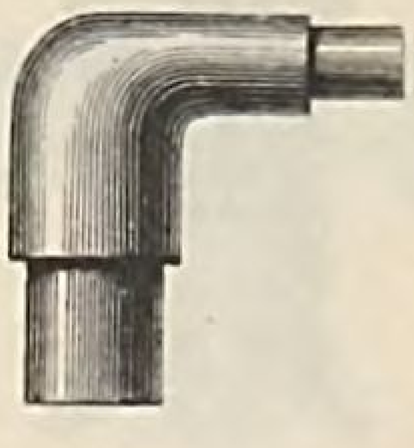
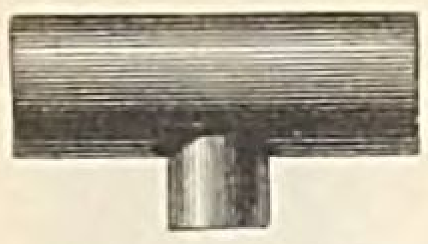
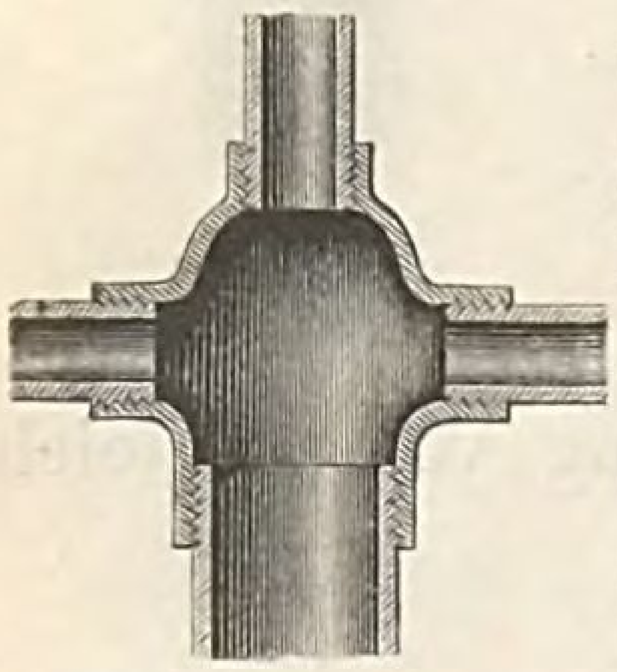


Fig. 565.


Fig. 566.

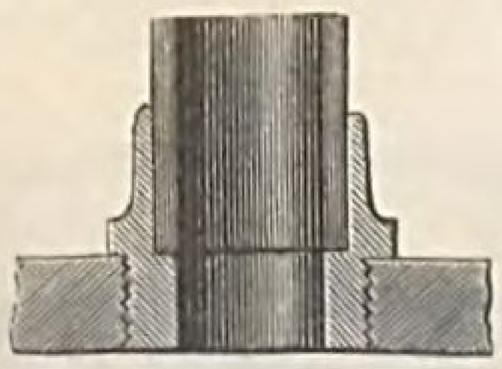
6) **Reductions-T-stück.** Von dem gewöhnlichen unterscheidet es sich dadurch, dass das Seitenstück enger oder weiter ist als das Hauptrohr. Wenn nöthig, könnte man ein solches erster Art ziemlich leicht selbst herstellen. Man würde in das weitere Rohr ein Loch von der Weite des engeren Rohres einbohren, dieses fest eintreiben und nun verlöthen.


Fig. 567.

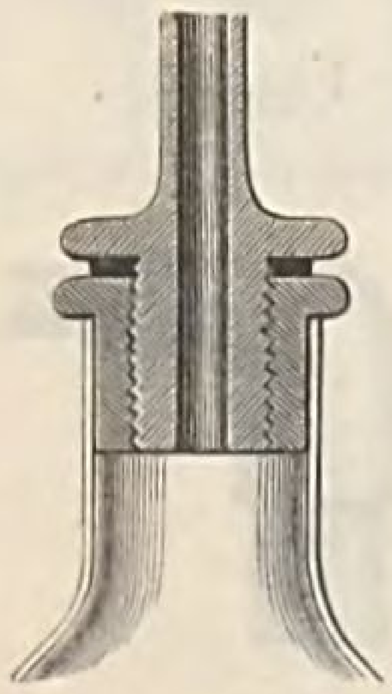
7) **Reductionskreuzstück.** Soll ein Rohr sich in mehrere Zweigleitungen auflösen, so muss ersteres größeren Durchmesser besitzen als letztere, falls in jeder Zweigleitung der normale Druck auftreten soll. Sind die Zweigleitungen nur wenig geöffnet, so zeigt sich allerdings kein Nachtheil, er tritt aber oft sehr unangenehm hervor, wenn dieselben ganz geöffnet werden. Das nebengezeichnete Verbindungsstück ermöglicht eine solche Auflösung eines Hauptrohres in dünnere Zweige.


Fig. 568.

8) **Bogenstück.** Bei Wasserleitungen wirken scharfe Knickungen der Leitung sehr störend auf die Geschwindigkeit der Strömung ein. Soll diese also nicht beeinträchtigt werden, so gestaltet man die Biegung bogenartig, entweder, indem man sich der im Handel zu beziehenden Verbindungsstücke bedient oder indem man einfach ein gewöhnliches Rohr biegt. Weite Biegungen lassen sich ohne weiteres im Schraubstock vornehmen, enge dagegen erfordern, dass man das Rohr glühend mache (eventuell mit Sand ausfülle).

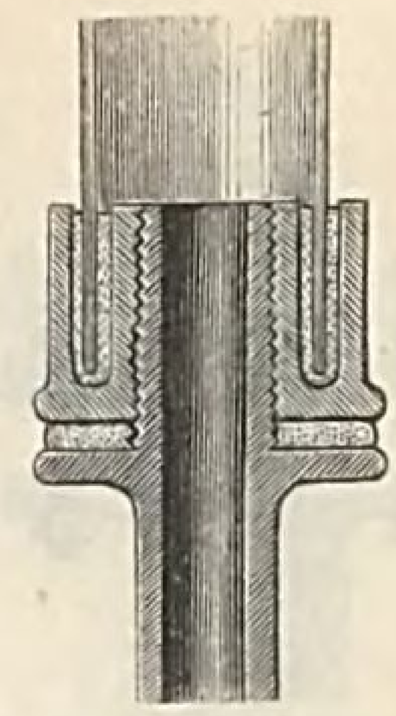

Fig. 569.

9) **Eingeschraubte Fassung.** Um Glasröhren in Metallplatten zu befestigen, versieht man sie mit einer Fassung, gewöhnlich aus Messing hergestellt, welche in die Metallplatte eingeschraubt wird. Die Fassung wird in der Regel mit Siegellack angekittet. Bei dünneren Röhren wird sie aus starkem Messingdraht oder -stab gedreht, bei größeren gegossen.

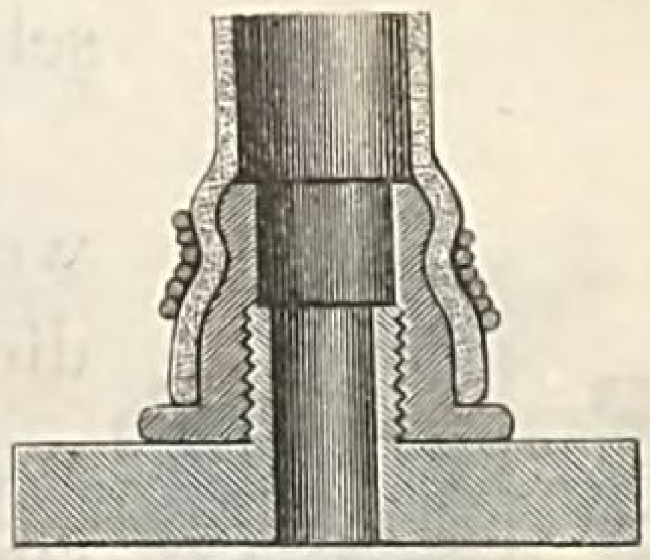

Fig. 570.

10) **Fassung für Verschraubung.** Soll ein enges Metallrohr in ein weiteres Glasrohr eingesetzt werden, so erhält letzteres eine innere Fassung, ein Futter, in welches das Metallrohr eingeschraubt wird. Zweckmäßig ist es, letzteres mit einem Ansatz zu versehen, welcher genügend groß ist, um einen Dichtungsring zwischenlegen zu können.

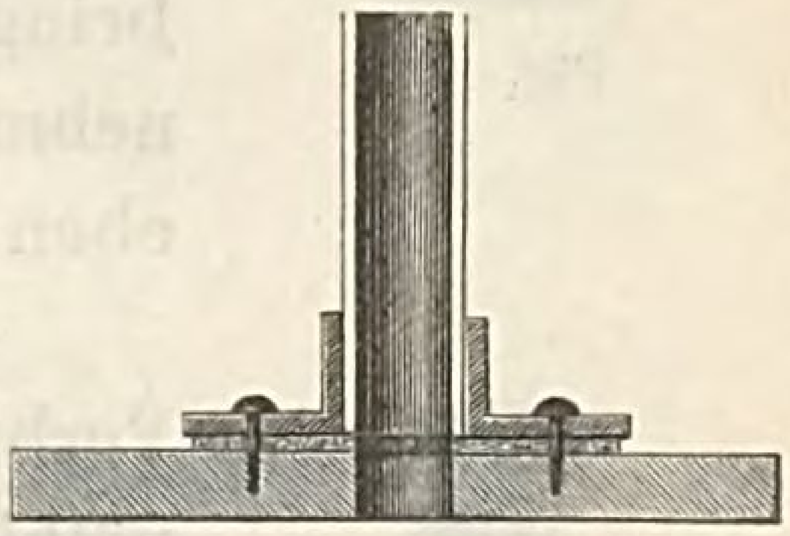
11) **Aufgeschraubte Glasröhrenfassung.** Zuweilen combinirt man äußere und innere Fassung in der Weise, dass das Glasrohr in eine in die Fassung eingedrehte Rinne eingekittet wird. Die Herstellung ist zwar schwieriger, die Fassung kann indess geringere Höhe erhalten und der Verschluss ist sehr zuverlässig hinsichtlich des Dichthaltens.


Fig. 571.

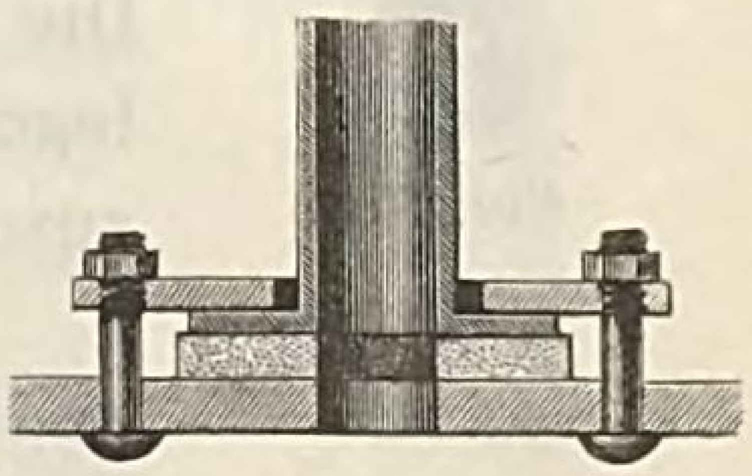
12) **Aufgeschraubte Schlauchfassung.** Kautschuk-, Hanf- oder Lederschläuche, welche an Metallgefäßen und dergl. befestigt werden sollen, erhalten ebenfalls eine Metallfassung. Dieselbe ist eine innere und mit Wülsten versehen, so dass der Schlauch namentlich nach dem Umbinden mit Faden oder Draht sehr festhält. Zweckmäßig ist es, den Schlauch gleichzeitig anzukitten, um einen völlig dichten Schluss herzustellen.


Fig. 572.

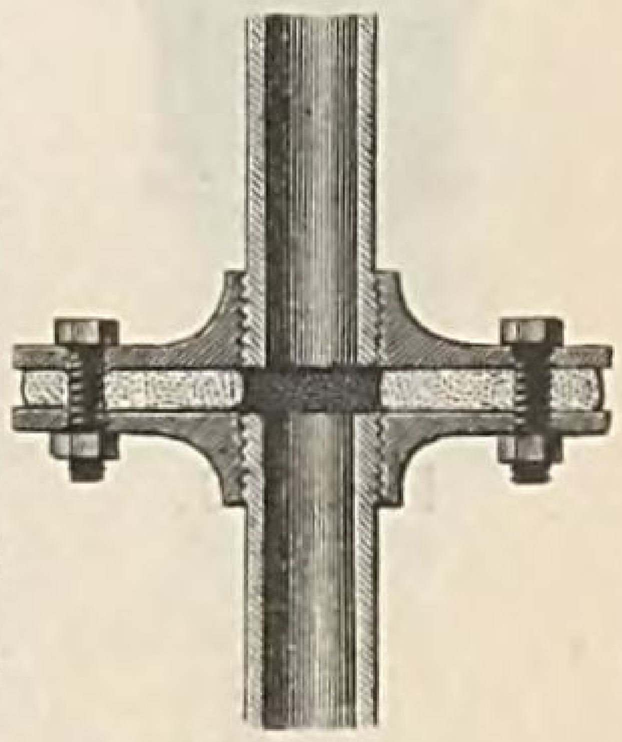
13) **Einfache Flantsche.** Ist ein zu befestigendes Rohr beträchtlichen Kraftwirkungen unterworfen oder die Platte, an welcher es befestigt werden soll, nur dünn, so dass kein haltbares größeres Gewinde eingeschnitten werden kann, so versieht man dieselbe mit einer Flantsche, d. h. einer ringförmigen, mit vier oder sechs Löchern versehenen Scheibe, welche unter Zwischenlegen eines Dichtungsrings mit Kopfschrauben befestigt wird.


Fig. 573.

14) **Flantsche mit Ring.** Können Kopfschrauben in Folge zu geringer Dicke der Platte keine Anwendung finden, so dass Schraubbolzen genommen werden müssen, welche mehr Raum beanspruchen, oder soll der größeren Festigkeit halber die Flantsche sehr groß sein, so fertigt man dieselbe aus zwei Theilen an, von welchen der eine lediglich zur Befestigung dient, der andere zur Dichtung. Man erzielt so den Vortheil, dass die Dichtungsfläche nur klein ist, also leicht eben gefeilt und mit stärkerem Druck angepresst werden kann.


Fig. 574.

15) **Flantschen für Gasröhren.** Für Gasröhren sind Flantschen im Handel fertig zu beziehen, man hat nur nöthig, die Löcher einzubohren. Als Dichtungsscheibe dient gewöhnlich Kautschuk, bei stärkerer Pressung Blei mit Mennigekitt bestrichen, und bei Röhren, die starke Erhitzung auszuhalten haben, Asbestpappe mit Leinöl getränkt.


Fig. 575.

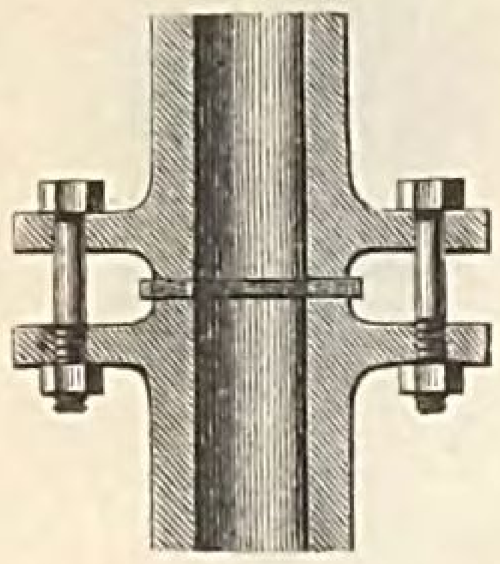


Fig. 576.

16) **Flantschen mit Arbeitsleiste.** Je breiter die Flantschen, um so geringer ist der pro Flächeneinheit erzielte Druck, um so unzuverlässiger also auch die Dichtung. Bei weiten Röhren versieht man deshalb die Flantschen mit sorgfältig eben gedrehten vorspringenden Arbeitsleisten, zwischen welche der Dichtungsring eingeklemmt wird, während der übrige Theil der Flantschen nur zur Aufnahme der Schrauben dient. Um einem Verschieben des Dichtungsringes vorzubeugen, werden schwache Rinnen eingedreht.

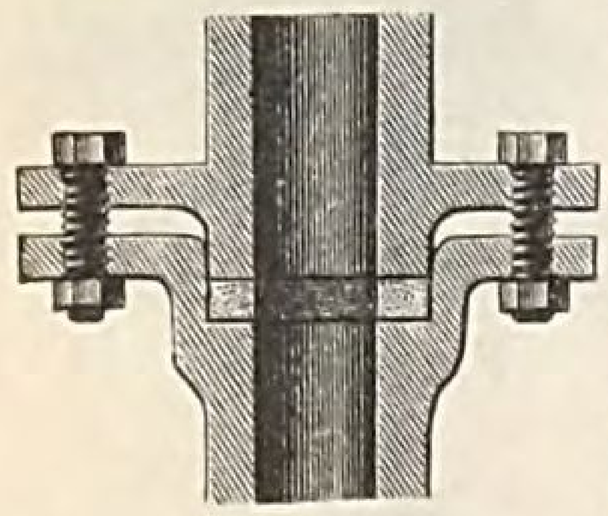


Fig. 577.

17) **Flantschen für starken Druck.** Bei Röhren, welche sehr starken Druck auszuhalten haben, werden die Dichtungsringe leicht herausgepresst, namentlich, wenn die Schrauben nicht ganz gleichmäßig angezogen sind. Man kann diesem Uebelstand vorbeugen, indem man in der einen Flantsche eine seichte Vertiefung anbringt, welche gerade genügt, den Dichtungsring aufzunehmen, und in welche die Arbeitsleiste der andern eben einpasst.

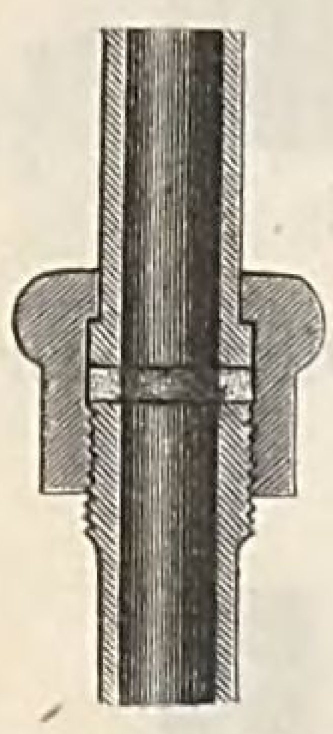


Fig. 578.

18) **Verbindung durch Ueberfangschrauben.** Bei Verbindung enger Röhren sind breite Flantschen unnöthig und hinderlich. Man versieht das eine Rohrende mit einem Gewinde, das andere mit einem vorspringenden Rand, an welchen der nach innen vorspringende Rand einer übergeschobenen Mutter gerade anpasst. Die Rohrenden werden abgeschliffen und nach Zwischenlegen eines Dichtungsringes durch Anziehen der Mutter zusammengepresst.

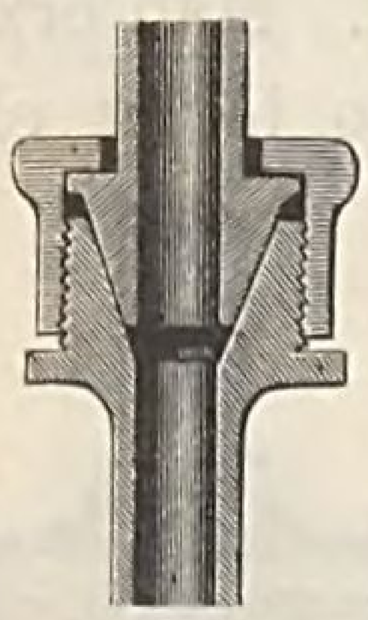
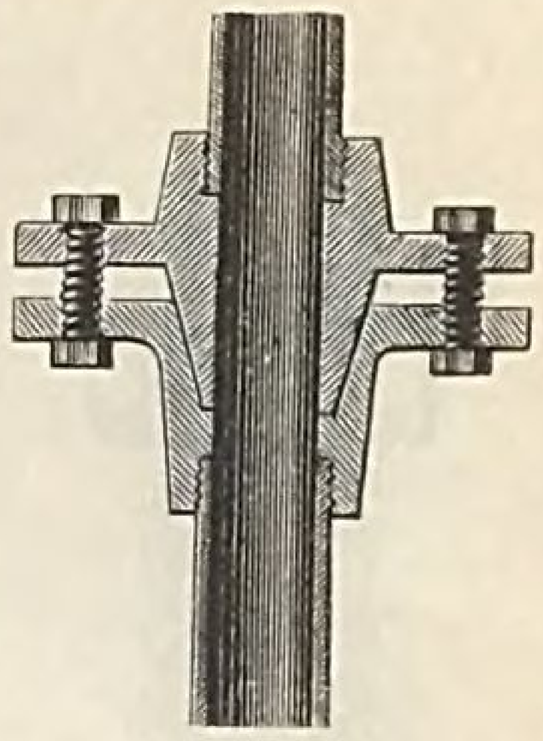


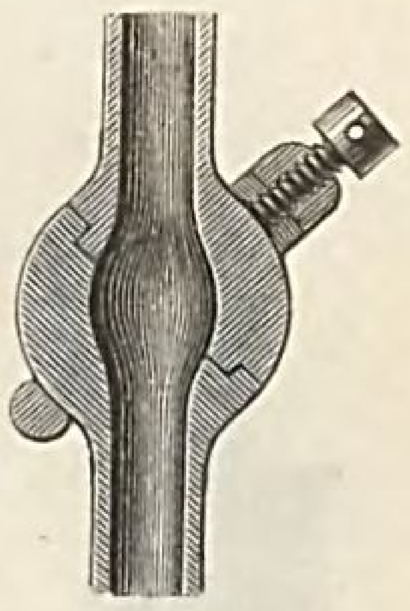
Fig. 579.

19) **Conusverbindung.** Dichtungsringe kleben mit der Zeit sehr fest an den verbundenen Metallflächen an, so dass sie beim Lösen der Verbindung zerreißen, die Flantschen mit Mühe wieder gereinigt und schließlich neue Ringe eingesetzt werden müssen. Besitzen die Röhren keinen sehr großen Durchmesser, so kann man diese Schwierigkeit umgehen, indem man das eine Rohr mit einem Conus versieht und diesen in eine entsprechende Erweiterung des andern einschleift. Gut gearbeitete Schliffe solcher Art halten ohne alle Dichtungsmasse und lassen sich also sehr leicht zerlegen. Gewöhnlich bestreicht man sie indessen mit etwas Fett oder, wenn es sich um sehr starken Druck handelt, mit Wachs.

20) **Conus mit Flantschen.** Statt mit Ueberfangschraube kann man eine Conusverbindung auch durch Flantschen bewerkstelligen, wobei diese Flantschen einfach aus zwei sich gegenüberstehenden Ansätzen bestehen können. Die Verbindung ist wenig empfehlenswerth, denn sie setzt voraus, dass die beiden Schrauben gleichzeitig und ganz gleichmäßig angezogen werden. Jede Ungleichmäßigkeit wirkt für dichten Schluss nachtheilig, insofern sie den Conus deformirt.

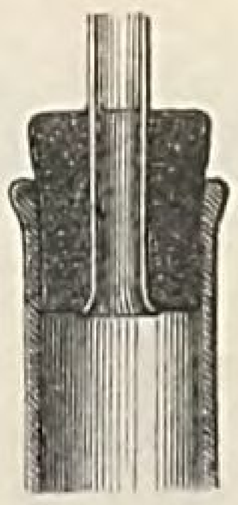

Fig. 580.

21) **Schräge Verbindung.** Das Lösen der eben besprochenen Verbindungen setzt voraus, dass das eine Rohr in der Richtung der Achse um die Höhe des Conus verschiebbar sei. Zuweilen ist dies indess nicht möglich. Man kann dann der Trennungsfläche der beiden knopfartig verdickten Rohrenden eine schiefe Lage geben und sie durch einen umgelegten Ring mit Kopfschraube zusammenhalten.

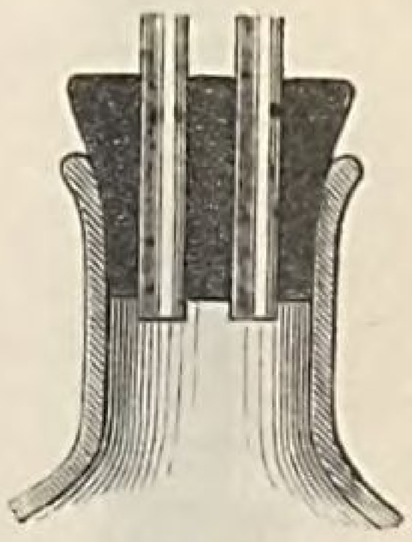

Fig. 581.

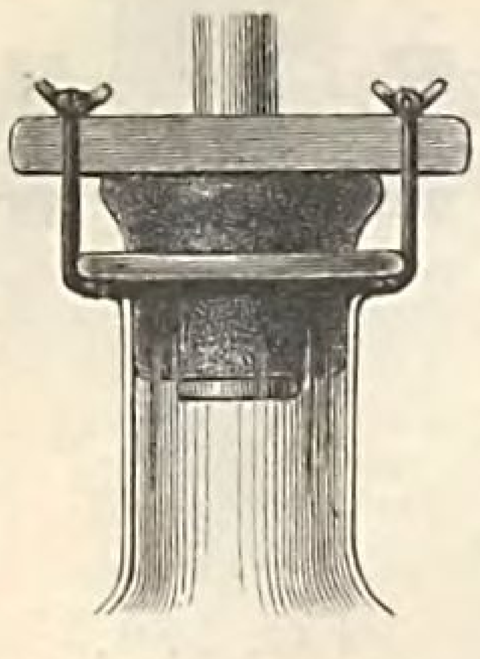
XV. Verbindung nichtmetallischer Röhren.

1) **Einfach durchbohrter Stopfen.** Zur Verbindung von Glasröhren von ungleichem Durchmesser ist ein durchbohrter Stopfen das einfachste Mittel. In der Regel wählt man Kautschuk- oder Korkstopfen, bei sehr weiten zuweilen auch harzdurchtränkte Holzzapfen. Durch Umgießen mit zähem, leichtschmelzbarem Harzkitt kann die Verbindung eventuell gedichtet werden, doch ist es besser, wenn auch schon ohne dieselbe dichter Schluss vorhanden ist.

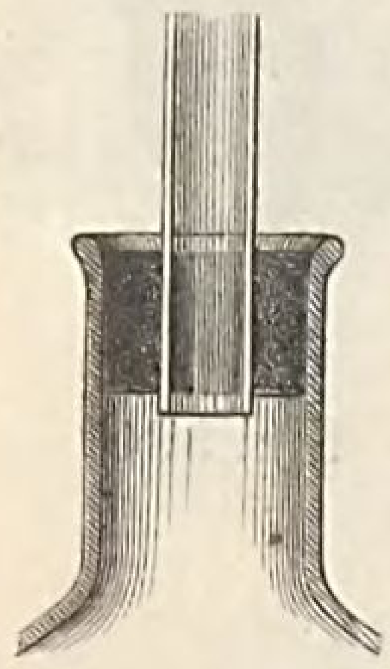

Fig. 582.

2) **Doppelt durchbohrter Stopfen.** Ganz entsprechend können mit Hülfe mehrfach durchbohrter Stopfen gleichzeitig zwei oder mehr enge Röhren in eine weite eingesetzt werden. Bei Ausführung der Bohrungen ist darauf zu achten, dass sich dieselben nicht zu nahe kommen, da, um festes Halten zu erzielen, die Bohrungen etwas enger als die Rohrdurchmesser ausgeführt werden müssen, beim Einsetzen der Röhren also elastische Deformation erfolgt, die bei zu geringer Dicke der Scheidewände zu Störungen führen würde.

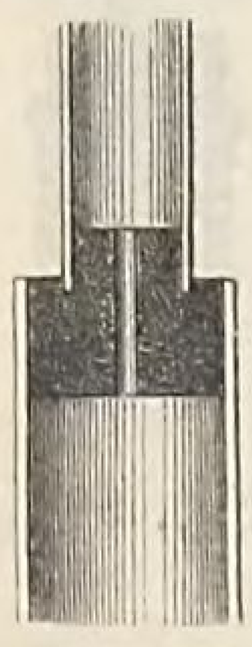

Fig. 583.


Fig. 584.

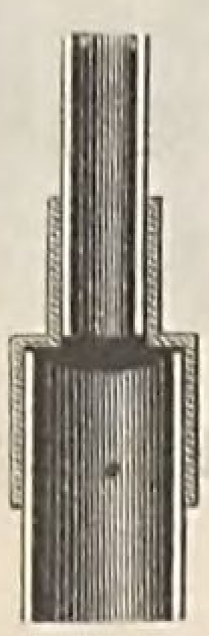
3) **Stopfensicherung.** Bei Verbindung von Röhren, die starken Druck auszuhalten haben, genügt die elastische Spannung nicht, um den Stopfen festzuhalten. Man sichert ihn in solchem Falle durch Umbinden mit Schnur oder Draht, zu welchem Zwecke das weitere Rohr mit einem umgelegten Rande versehen wird. Auch das engere erhält einen solchen umgelegten Rand, so dass es nicht durch die Oeffnung hinausgedrückt werden kann. Des leichteren Oeffnens halber ist es zweckmäßig, wie die Figur andeutet, zwei Schleifen zu bilden, und durch diese zwei Stäbchen zu schieben, welche den Stopfen anpressen.


Fig. 585.

4) **Kautschukring.** Sind die Durchmesser der beiden zu verbindenden Röhren nur wenig verschieden, so verwendet man statt des Stopfens ein Stückchen Kautschukschlauch, welches zunächst über das Ende des engeren Rohres übergeschoben wird. Um das Einsetzen leichter bewerkstelligen zu können, ist es zweckmäßig, das Schlauchstückchen nur soweit überzuschieben, dass es noch etwas frei vorragt und so gewissermaßen einen Conus bildet. Benetzen mit Wasser erleichtert ebenfalls das Einschieben.


Fig. 586.

5) **Gypspfropf.** Zuweilen sind weitere Röhren derart zu verbinden, dass selbst starke Erhitzung der Verbindung keinen Schaden bringt. In solchem Falle genügen, wenigstens einigermaßen, Stöpsel aus Gyps. Man gießt dieselben in besonderer Form und richtet sie so zu, dass sie genau einpassen, benetzt und kittet sie dann mit dünnflüssigem Gypsbrei ein. Durch Ueberziehen mit Wasserglas kann die Verbindung noch mehr gedichtet werden. Will man keine besondere Form anwenden, so ist es nöthig, den Pfropfen noch vor dem völligen Erhärten wieder aus dem Rohr zu entfernen, da letzteres sonst zersprengt würde.


Fig. 587.

6) **Blechhülse.** Zweckmäßiger als die eben erwähnten Gypsverbände, wenn auch schwieriger herzustellen, sind Hülsen aus Eisen-, Kupfer- oder Messingblech. Dieselben werden hart gelöthet, und wenn nur dünnes Blech gewählt wird, überfalzt. Als Kitt dient wieder dünner Gypsbrei. Man taucht, wenn möglich, das Ganze in solchen Brei ein, fügt zusammen und zieht es erst wieder heraus, wenn der Gyps beginnt steif zu

werden. Das außen Hängenbleibende spült man mit Wasser ab. Für niedrige Temperaturen dient ausschließlich Siegellackkittung.

7) **Schlauchstück.** Sehr bequem, weil leicht und rasch herzustellen, ist die Verbindung zweier Röhren durch ein Stückchen Kautschukschlauch, welches einfach übergeschoben wird. Hat die Leitung großen Druck auszuhalten, so umwickelt man den Schlauch mit breitem Band und umbindet die Enden kräftig anziehend mit weichem Kupferdraht. Zweckmäßig ist es auch, in solchem Falle die Rohrenden mit Wülsten zu versehen und den Schlauch gleichzeitig anzukitten. Für höhere Temperatur ist natürlich die Verbindung unbrauchbar.

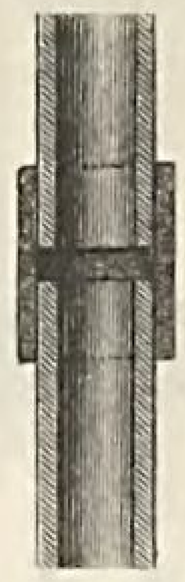


Fig. 588.

8) **Verjüngtes Schlauchstück.** Zur Verbindung ungleich weiter Röhren sind die im Handel fertig zu beziehenden verjüngten Schlauchstücke sehr bequem. Für weitere Röhren kann man sich dergleichen aus vulkanisirten Kautschukplatten herstellen und durch Umbinden mit dünnem Seidenband einigermaßen widerstandsfähig machen. Im Nothfalle kann man auch eine vulkanisirte Platte an den Rändern mit Kautschuk-Schwefelbrei verkitten und dann die Löthstelle durch Erhitzen vulkanisiren.



Fig. 589.

9) **Schlauch-T-Stück.** Auch solche Stücke können fertig bezogen werden. Selbstanfertigung ist nicht zu empfehlen, da das Vulkanisiren in genügender Weise nicht ohne hinreichende Erfahrung auszuführen ist. Alle diese Schlauchverbindungen haben das Unangenehme, dass die Verbindung biegsam ist, leicht einknickt und dem Ganzen keinen Halt gewährt.



Fig. 590.

10) **Muffenverbindung mit übergeschobenem Schlauch.** Der eben gerügte Uebelstand kann dadurch vermieden werden, dass man das eine Rohr mit einer Muffe versieht, das andere mit einer eben hineinpassenden Verjüngung, und nun das Schlauchstück überstreift. Wird eine derartige Verbindung so angewandt, dass die Flüssigkeit, ohne das Rohr auszufüllen, von oben nach unten fließt, so gewährt sie noch den weiteren Vortheil, dass keine Verunreinigung durch Berührung mit dem Schlauch möglich wird, zumal wenn die Muffe hinreichend lang gemacht wird.

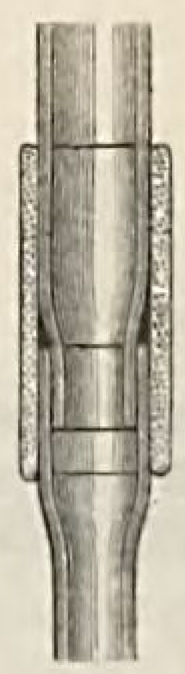


Fig. 591.



Fig. 592.

11) **Verjüngtes Glasrohrstück.** Sehr bequem zum Verbinden von Kautschukschläuchen sind Stückchen von Glasrohr, welche an beiden Enden derart ausgezogen werden, dass einige Wülste stehen bleiben. Durch stärkeres Ausziehen an einem Ende ist es leicht möglich, das Stück zur Verbindung von Röhren mit sehr verschiedenem Durchmesser tauglich zu machen.

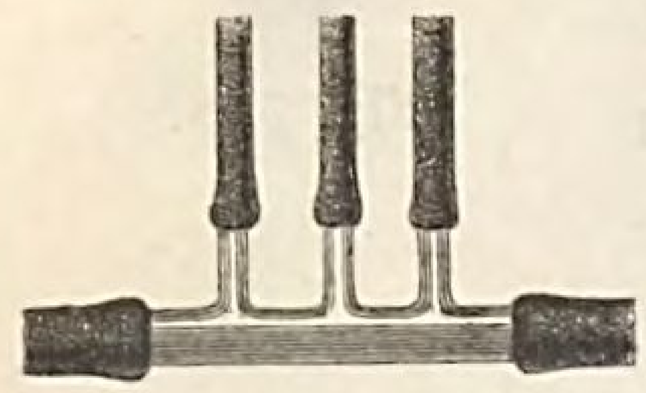


Fig. 593.

12) **Verzweigtes Glasrohrstück.** Ohne Schwierigkeit lassen sich an ein Stück Glasrohr seitliche Ansätze anbringen, so dass dasselbe zur Vereinigung mehrerer Schläuche dienen kann. Man achte dabei darauf, dass das Hauptrohr, aus welchem die Flüssigkeit oder das Gas in die Zweigleitungen eintritt, genügend großen Durchmesser erhalte.

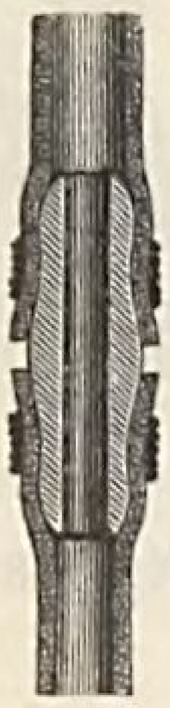


Fig. 594.

13) **Metallenes Schlauchverbindungsstück.** Zur Verbindung von Schläuchen, die nicht ruhig liegen bleiben, sondern unter Umständen Stöße erleiden, sind gläserne Verbindungsstücke ihrer Zerbrechlichkeit halber nicht wohl brauchbar. Sie werden dann durch ähnlich geformte metallene ersetzt und, falls die Verbindung auch gegen Anspannung gesichert werden soll, der Schlauch mit weichem Kupferdraht festgebunden.

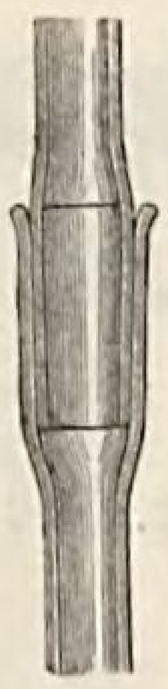


Fig. 595.

14) **Schliff.** Absolut luftdichte Rohrleitungen sind nur unter Anwendung von Glasröhren und durch Verlöthen der Enden derselben zu erzielen. Sehr sichere und rasch lösbare Verbindungen können aber auch dadurch erhalten werden, dass man das eine Rohrende conisch gestaltet und in das andere muffenartig erweiterte einschleift. Man dichtet durch Fett oder, falls größere Drucke auftreten, durch leichtflüssigen Harzkitt.

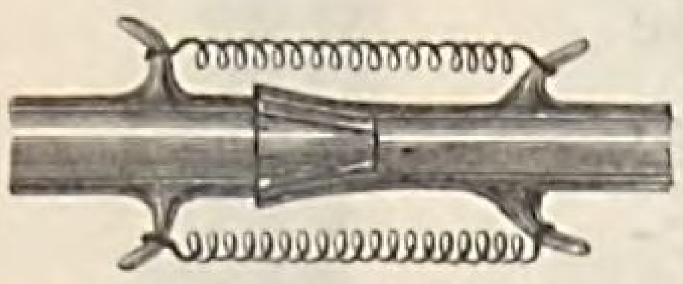


Fig. 596.

15) **Schliff mit Federverbindung.** Wird ein Schliff durch Harzkitt gedichtet, so ist die Verbindung zwar im stande, großen Druck auszuhalten, allein die Lösung ist unbequem, insofern man erwärmen muss und hierbei zudem noch Springen zu befürchten steht. Man kann deshalb solche Schliffe auch, wie die Figur zeigt, mit Haken versehen und diese durch Kautschukbänder oder Spiralfedern zusammenhalten.

16) **Schliff mit Schraubenverbindung.** Für sehr starken Druck ist die Verbindung mittels Spiralfedern nicht mehr brauchbar. Man schraubt dann Metallbügel an, und verbindet diese durch Schraubbolzen. Die Bohrungen für letztere können aufgeschlitzt werden, so dass die Schraubbolzen sich seitlich einführen lassen und nicht durchgesteckt zu werden brauchen. Sie erhalten ferner in solchem Falle eine schwache Versenkung und die Schraubenmuttern (respektive -köpfe) entsprechende kegelförmige Zuschärfungen, um die Lage der Bolzen zu fixiren.

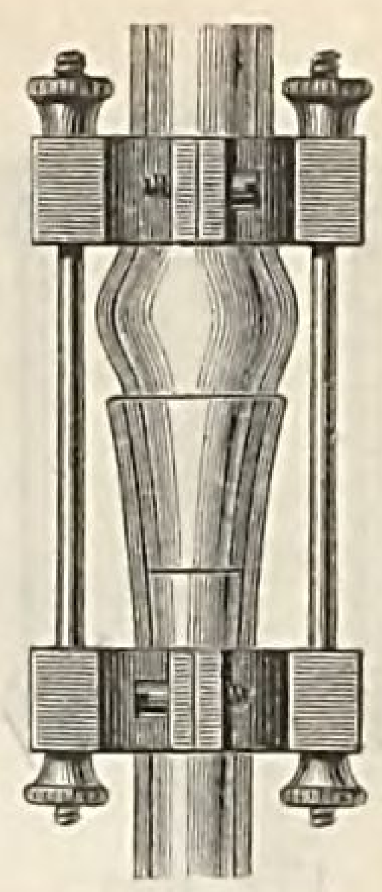


Fig. 597.

17) **Schliff mit Quecksilberdichtung.** Manche Dämpfe und Flüssigkeiten lösen Fett auf und mischen sich damit. Die Schliffe werden dadurch undicht und die Flüssigkeiten selbst verunreinigt. Zuweilen kann zur Vermeidung dieses Uebelstandes dickflüssiges Glycerin statt Fett verwendet werden, häufiger aber dient Quecksilber. Zur Aufnahme desselben wird das eine Rohr mit einem Trichter versehen. Soll die Verbindung gegen Druck Widerstand leisten, so schleift man das andere Rohr an diesen Trichter an. Auch zur Verbindung mit Harzkitt sind solche Trichter bequem, da sie das Einlaufen des flüssigen Kitts in die Rohrleitung unmöglich machen.

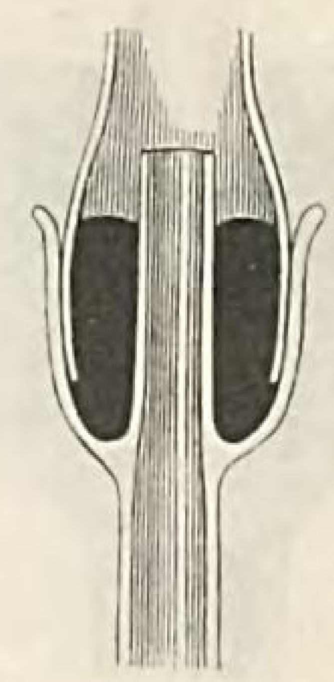


Fig. 598.

18) **Schliff mit doppelter Quecksilberdichtung.** Schliffe, welche für Ueber- und Unterdruck gedichtet werden sollen, erhalten eine Quecksilberdichtung auf der äußeren und eine solche auf der inneren Seite. Das eine Rohr wird zu diesem Zwecke wieder mit einem Trichter versehen, das andere mit einer bauchigen Erweiterung, welche so tief in den Trichter hineinragt, dass sie sich beim Aufsetzen des Rohres von selbst mit Quecksilber füllt.

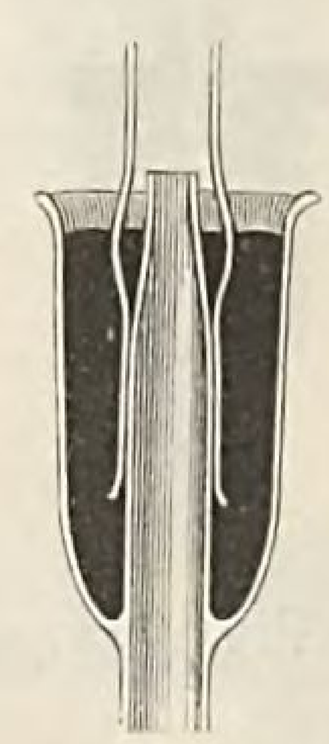


Fig. 599.

19) **Wasserabsperrung.** Handelt es sich lediglich um luftdichten Verschluss zweier Röhren ohne besondere Widerstandsfähigkeit gegen Druckdifferenzen, so kann man auf die Schliffverbindung verzichten und nur den Trichter beibehalten, welcher eventuell aus einem mittels eines durchbohrten Korkes angesetzten Stückchen Glasrohr bestehen kann und mit einer geeigneten Sperrflüssigkeit, im einfachsten Falle Wasser, gefüllt wird.

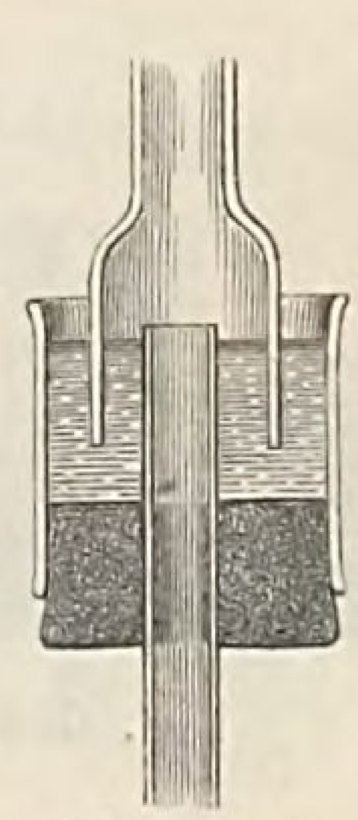


Fig. 600.

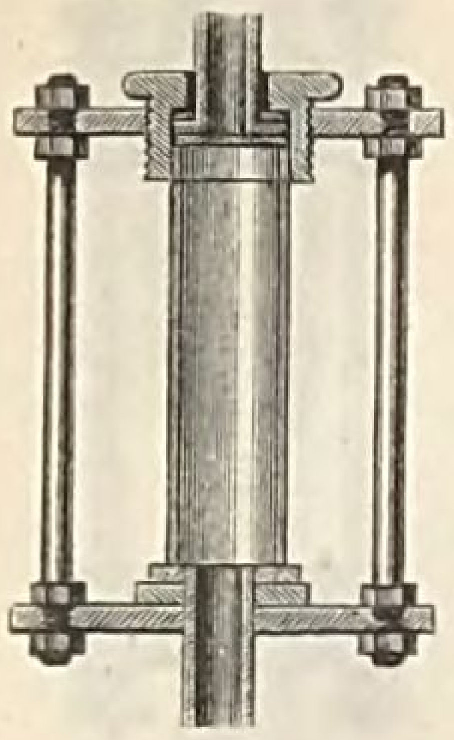


Fig. 601.

20) **Einfügung eines Glascylinders.** Zuweilen wird es nöthig, an einer Stelle einer Leitung einen Glascylinder einzuschalten, der sich leicht entfernen lässt, ohne die übrige Leitung erheblich zu stören. Man schleift die Ränder des Cylinders eben und bedient sich zur Befestigung eines aus Stäben zusammengesetzten Gestells, wie es die Figur andeutet. Der Deckel wird mittels einer Ueberfangschraube aufgepresst unter Zwischenlegen von Kautschukscheiben. Auch auf die Bodenfläche wird eine solche aufgelegt.

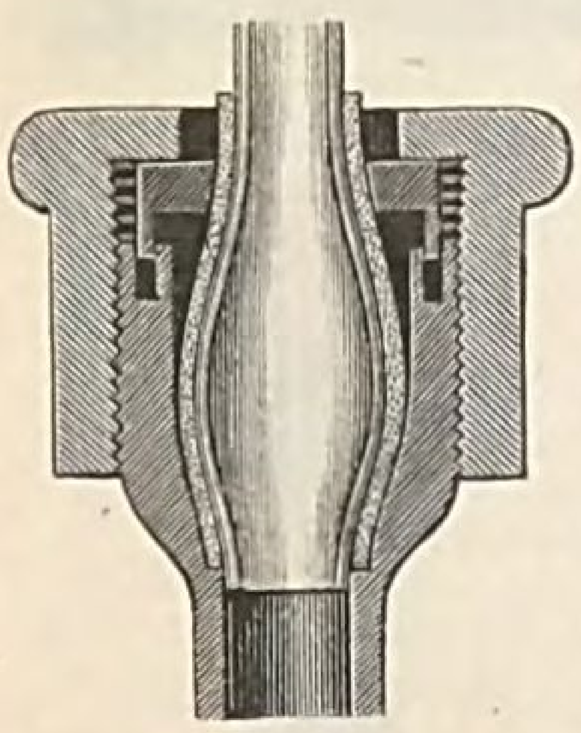


Fig. 602.

21) **Verbindung von Metall- und Glasrohr.** In Folge der verschiedenen Wärmeausdehnungen von Metall und Glas, sowie auch wegen der großen Empfindlichkeit des letzteren gegen starke Spannungen, erfordern derartige Verbindungen eine starke elastische Zwischenschicht. Als beste bewährt sich auch hier Kautschuk (eventuell fettdurchtränktes Leder). Das Anpressen kann durch eine Ueberwurfschraube bewirkt werden, und zwar lässt man dieselbe gegen eine lose Scheibe drücken, die durch zwei in entsprechende Vertiefungen eingreifende Zähne an Drehung gehindert wird.



Fig. 603.

22) **Stopfbüchsenverbindung.** Eine sehr dicht schließende Verbindung liefert ferner eine Stopfbüchse, etwa von der Form, wie sie die Figur zeigt, bei welcher das Dichtungsmaterial aus einem Stückchen Kautschukschlauch oder falls die Verbindung höheren Temperaturen ausgesetzt werden soll, aus Asbestschnur mit einem geeigneten Kitt besteht. Unter den etwas umgelegten Rand der Glasröhre wird zweckmäßig ein Bleiring untergelegt. Zur Verminderung der Reibung muss ferner auch zwischen Dichtungsmaterial und Schraube eine Metallscheibe, am besten ein Ring aus dünnem Messingblech eingefügt werden.

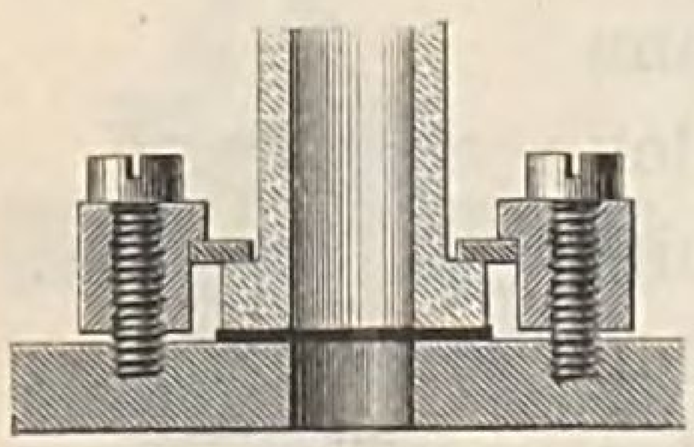


Fig. 604.

23) **Flantschenverbindung.** Um ein Glasrohr auf einer Platte zu befestigen, kann man dasselbe mit einem vorspringenden Rand versehen, zwei metallene Halbringe auflegen und darüber eine ringförmige Flantsche mit Kopfschrauben befestigen. Beim Anziehen der Schrauben erhält das Glas indess leicht Sprünge.

XVI. Drehbare Verbindungen.

1) **Spitze und Pfanne.** Objekte, welche mit andern, z. B. einem Stativ, so verbunden werden sollen, dass sie leicht in horizontaler Ebene drehbar sind und bei welchen loses Auflegen genügt, erhalten eine feine Spitze aus gehärtetem Stahl, welche auf einer glasharten, mit einem Grübchen (Pfanne) versehenen Platte aufsteht. Die Platte kann vortheilhaft aus sehr hartem Stein hergestellt werden. Ist die Spitze im Verhältnis zur Platte zu hart, so bohrt sie sich ein und verursacht dadurch beträchtliche Reibung.

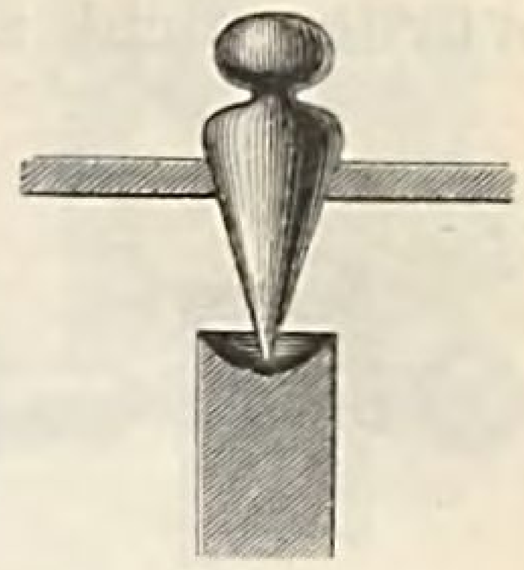


Fig. 605.

2) **Spitze und Hütchen.** Statt das bewegliche Objekt mit einer Spitze zu versehen, kann man diese auch auf dem Stative befestigen und das Objekt mit einem sogenannten Hütchen ausrüsten, wie dies von Magnetnadeln bekannt ist. Hütchen von Glas sind für Stahlspitzen zu weich, häufig werden aber solche aus Stein geschliffen. Für gewöhnliche Zwecke sind Messinghütchen beliebt, da die Reibung zwischen Stahl und Messing nicht beträchtlich ist.

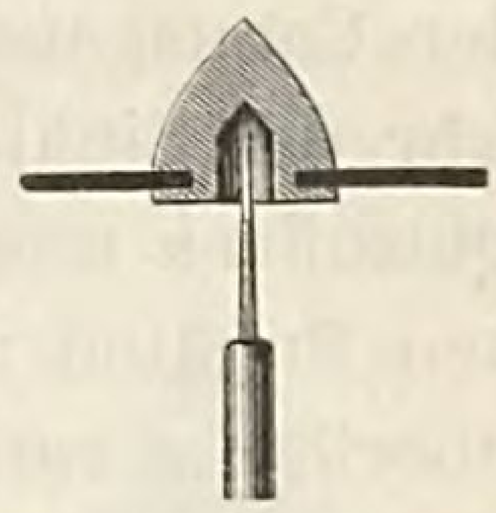


Fig. 606.

3) **Polygonales Lager.** Horizontale cylindrische Zapfen, welche sich in sicherer Weise, d. h. ohne Schwanken drehen sollen, erhalten ein Lager von polygonalem Durchschnitt, so dass wesentlich nur zwei Seitenflächen den Zapfen berühren. Das feste Anliegen wird durch einen aufgeschraubten, schwach federnden Messingstreifen gesichert.



Fig. 607.

4) **Achse mit Spitzen.** Ist die Achse nicht stark belastet und leichte Beweglichkeit erforderlich, so wird statt der vorigen Verbindungsweise die Spitzenconstruction angewandt. Die Spitzen laufen in kleinen Grübchen (Trichtern), welche flach conisch gebohrt sind und an ihrer Spitze noch eine tiefergehende feinere Bohrung besitzen, so dass die Berührung nicht in einem Punkte, sondern in einem kleinen Kreise stattfindet und sich somit die Vorrichtung weniger rasch abnutzt.

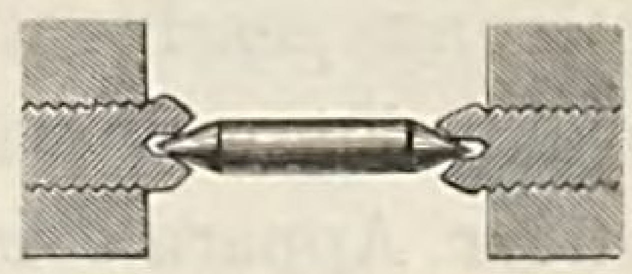


Fig. 608.

5) **Achse zwischen Spitzen.** Stärkere Achsen lassen sich nicht wohl mit gehärteten Stahlspitzen versehen. Man kehrt deshalb dann die Lagerung in der Weise um, dass man die Enden der Achse mit Grübchen versieht, in welche die Spitzen

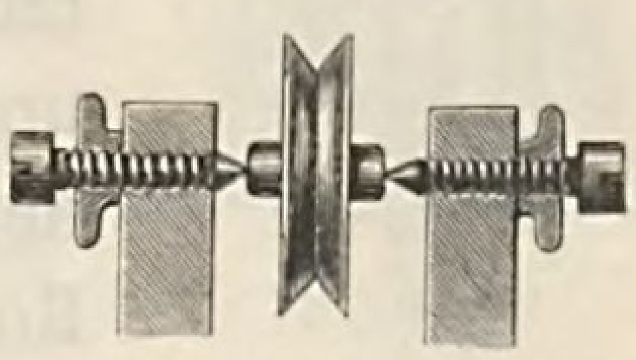


Fig. 609.

zweier Schrauben eingreifen. Die Schrauben müssen gut gearbeitet sein und durch Gegenmuttern zuverlässig gesichert werden. Nicht selten findet man zwar auch solche Schrauben ohne Sicherung, allein entsprechend sind auch die Fälle, in welchen hierdurch Unheil angerichtet wurde, nicht sehr selten.

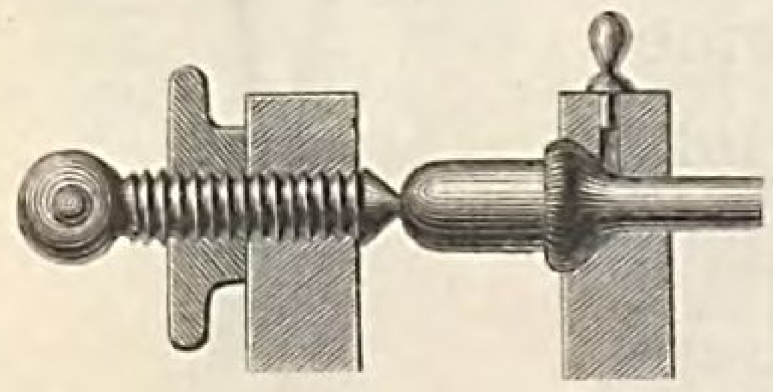


Fig. 610.

6) **Achse mit Conus.** Achsen, deren eines Ende frei sein soll, versieht man mit einem conischen Ansatz, der in einer entsprechenden conischen Vertiefung läuft; während das andere, nicht beanspruchte Ende wie gewöhnlich in einer Spitze seine Führung erhält. Ist durch häufigen Gebrauch das Lager ausgeschliffen, so kann es durch Anziehen der Spitzenschraube wieder nachgestellt werden. Je schlanker der Conus, um so sicherer ist die Führung, um so größer auch die Gefahr des Einklemmens und Schweißens. Letzteres tritt bei mangelhaftem Oelzufluss und rascher Rotation ein. Die Achse verschweißt an einzelnen Punkten mit dem Lager, wird wieder losgerissen etc., so dass die Oberfläche rauh wird. Durch eine enge, gewöhnlich mittels eines Zäpfchens verschlossene Bohrung wird deshalb zeitweise Oel nachgegossen oder hierzu eine der käuflichen Oelvorrichtungen aufgesetzt.

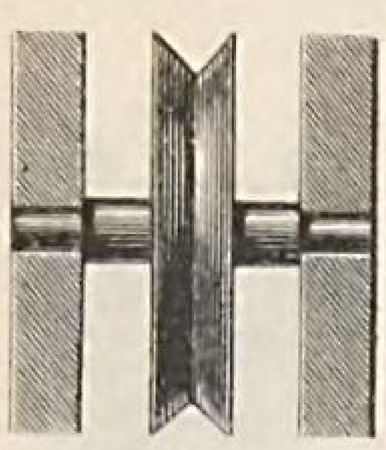


Fig. 611.

7) **Achse mit Zapfen.** Achsen, bei welchen es weniger auf sicheren Gang, als auf Haltbarkeit ankommt, erhalten einfach Zapfen, die in entsprechenden Oeffnungen laufen. Gewöhnlich werden die Zapfen an die zunächst gleichförmig dick gefertigte oder entsprechend geschmiedete Achse nachträglich angedreht; man kann indess auch eine Achse von der Dicke der Zapfen nehmen und nun eine (die Rolle tragende) Hülse darauf befestigen, aus welcher die beiden Enden der Achse als Zapfen vorragen. Die Befestigung geschieht, indem man einen Nagel durch Achse oder Hülse durchtreibt und vernietet, oder mittels einer Schraube. Beim Zerlegen fertiger Apparate ist es zuweilen schwierig, die Nietstelle zu finden, da sie eben abgefeilt oder abgedreht ist. Man probirt dann mittels eines kleinen Durchschlags. Dickere Nägel sind conisch, und können also nur von einer Seite ausgeschlagen werden.

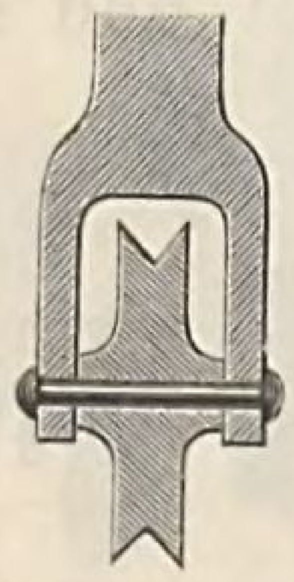


Fig. 612.

8) **Rolle mit Schere.** Statt die Hülse mit Rolle auf der Achse zu befestigen und letztere in Lagern laufen zu lassen, kann man auch die Achse befestigen und in der »Schere« vernieten, wie die Figur andeutet, dagegen die Rolle sich auf ihr drehen lassen. Bei kleinen Rollen ist dies aus dem Grunde bequemer, weil die Schere aus einem Stück gefertigt werden kann und die

Herstellung des Ganzen überhaupt weniger Arbeit beansprucht. Für große Rollen würde die Reibfläche zu groß sein.

9) **Verschraubte Schere.** Um eine mit Zapfen versehene Achse in ihre Schere einsetzen zu können, muss letztere aus zwei Theilen gebildet werden, welche z. B. in der in Figur 613 angedeuteten Weise mit einander verschraubt werden können. Es ist zweckmäßig, nachdem die Vorrichtung zusammengestellt ist, durch die beiden verbundenen Theile zwei Löcher zu bohren und in die Löcher der einen Hälfte Stifte einzunieten, welche gerade in die Löcher der andern einpassen, um nach späterem Zerlegen sofort wieder die Stücke in richtiger Lage zu erhalten. Die beiden Löcher für die Achse werden nach dem Zusammenschrauben mit einem Male gebohrt respektive ausgerieben, damit sie genau in eine Linie zu liegen kommen.

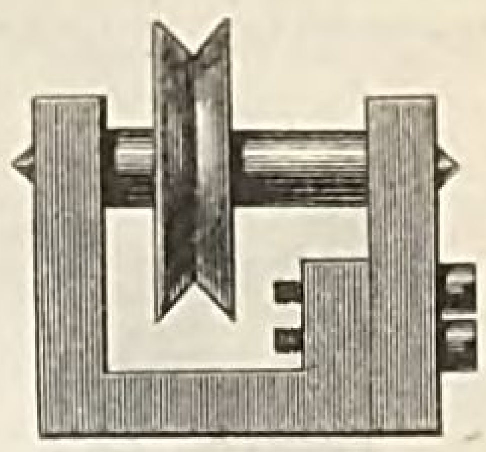


Fig. 613.

10) **Gegossenes Lager.** Für schwerere Achsen verwendet man zweckmäßig Lager aus Gusseisen. Die Löcher können hierbei nicht beide mit einem Male durchgebohrt werden, man bohrt jedes für sich und bewirkt dann die genaue Justirung theils durch Abfeilen oder Unterlegen am Fuß des Lagers, theils dadurch, dass man durch beide Löcher eine cylindrische Reibahle hindurchtreibt. Sind die beiden Löcher weit entfernt, so erhält die Reibahle nur an den beiden betreffenden Orten Schneiden, welche unter Umständen für sich gefertigt und hier aufgeschraubt werden.

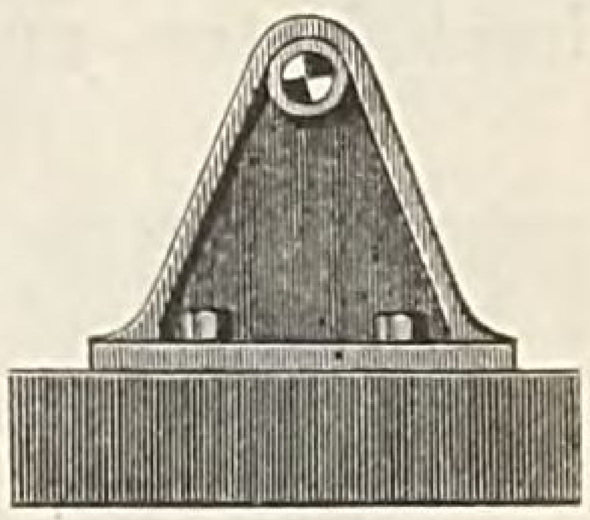


Fig. 614.

11) **Geschmiedetes Lager.** Kleine niedrige Lager von beistehender Form kann man ohne Schwierigkeit schmieden und mit der Feile völlig ausarbeiten. Für den Ungeübten ist es allerdings nicht ganz leicht, die Basis völlig eben und rechtwinklig zu den Seitenflächen herzustellen, und doch ist dies für das feste Aufsitzen und damit für die Brauchbarkeit des Lagers eine ganz wesentliche Bedingung. Man kann sich indess dadurch helfen, dass man die Fläche schwach gehöhlt ausfeilt und nur die Ränder genau justirt.

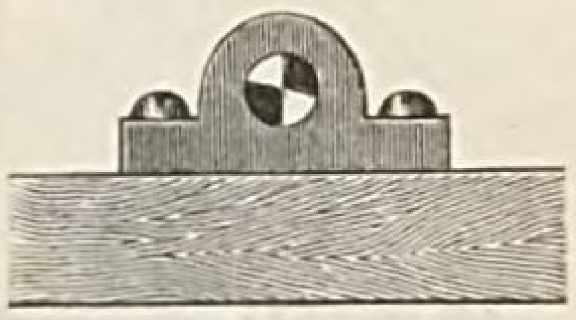


Fig. 615.

12) **Zweitheiliges Lager.** Um Achsen leicht aus ihren Lagern entfernen zu können, müssen diese zweitheilig construirt werden. Man fertigt die beiden Hälften aus Schmiedeeisen oder häufiger aus Messingguss, schraubt sie zusammen, feilt die Seitenflächen eben und bohrt schließlich das Loch durch. Um beim Auseinandernehmen und Wiederzusammensetzen die richtige Lage der beiden

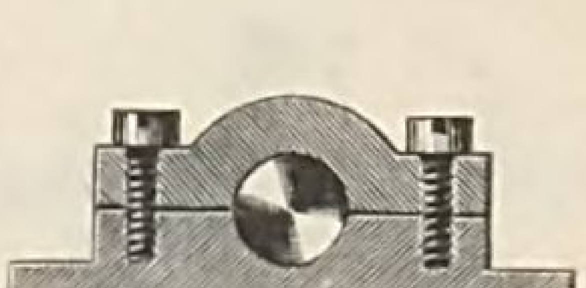


Fig. 616.

Theile wieder zu finden, bezeichnet man übereinander stehende Hälften durch Körnerpunkte. Zuweilen werden die beiden Hälften zum Zwecke der Bearbeitung an der Berührungsfläche vorübergehend verlöthet anstatt zusammengeschraubt.

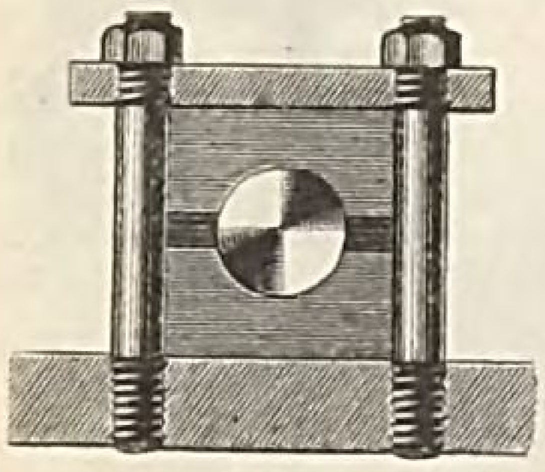


Fig. 617.

13) **Zweischaliges Lager.** Lager, welche häufig in Gebrauch sind, werden durch die Achse allmählich ausgeschliffen, und zwar die untere Hälfte stärker als die obere. In solchen Fällen fertigt man die beiden der Achse nächstliegenden Theile als besondere Stücke, Schalen, an und wechselt sie aus, falls die Abnutzung zu weit vorgeschritten. Man kann auch die Oeffnung bedeutend weiter machen und den Raum zwischen ihr und der Achse mit einer leichtflüssigen Legirung (als »Lagermetall« fertig käuflich) ausgießen, so dass die Achse in dieser läuft. Ist dieselbe abgenutzt, so wird sie ausgeschmolzen und durch neue ersetzt. Am häufigsten aber gibt man den beiden Lagerschalen eine Führung, so dass sie sich durch Unter- und Zwischenlegen dünner Metallbleche nachstellen lassen.

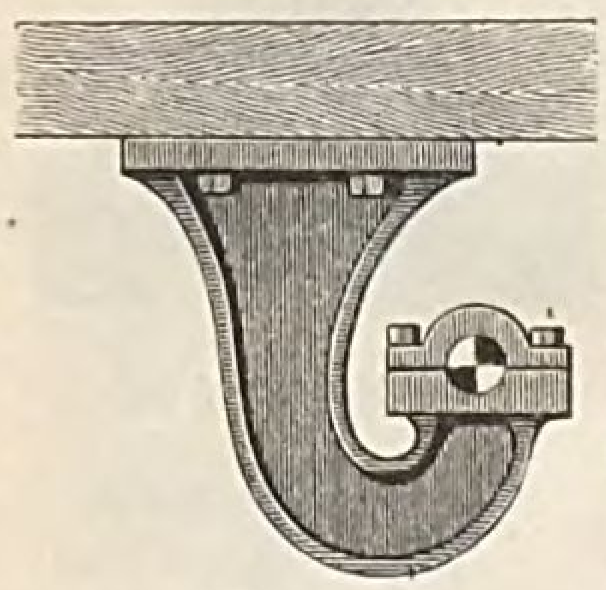


Fig. 618.

14) **Hängelager.** Ist ein Lager derart zu befestigen, dass seine Basis nach oben hin kommt, so muss das Schmierloch, welches sonst in der oberen Hälfte angebracht wird, nunmehr in die Basis eingebohrt werden oder seitlich, so dass das Oel abwärts zur Achse gelangt. Es tritt ferner der Uebelstand hinzu, dass die Last der Achse nunmehr auf dem Obertheil ruht und beim Demontiren letzteres nicht entfernt werden kann, ohne zugleich die Achse zu entfernen. Man wählt deshalb bei schweren Achsen die Form des Hängelagers, wie sie die Figur zeigt.

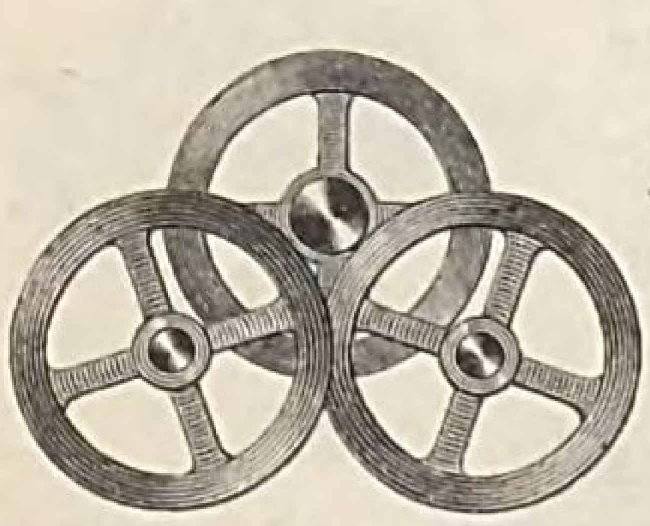


Fig. 619.

15) **Friktionsräder.** Selbst gut gearbeitete und gut geschmierte Achsen erleiden in ihren Lagern ganz merkliche Reibung, die um so beträchtlicher wird, je mehr man die Achse belastet. Häufig erscheint es daher vortheilhaft, die Achse anstatt in Lagern auf Friktionsrollen laufen zu lassen, welche die gleitende Reibung in rollende verwandeln. Bei schweren Schwungrädern, welche mit der Hand in Bewegung gesetzt werden sollen, sieht man derartige Vorrichtungen nicht selten, ebenso bietet die Rolle der Atwood'schen Fallmaschine ein bekanntes Beispiel.

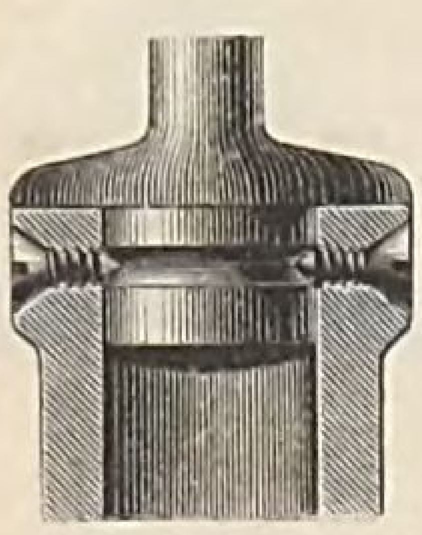
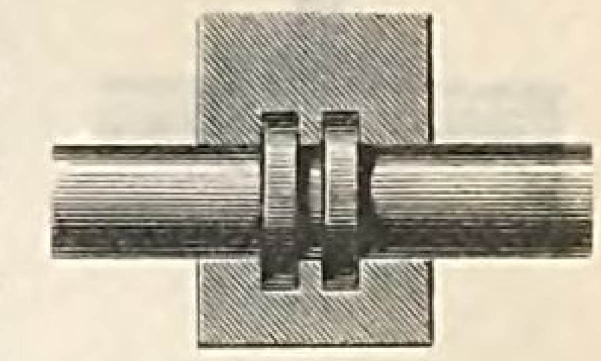


Fig. 620.

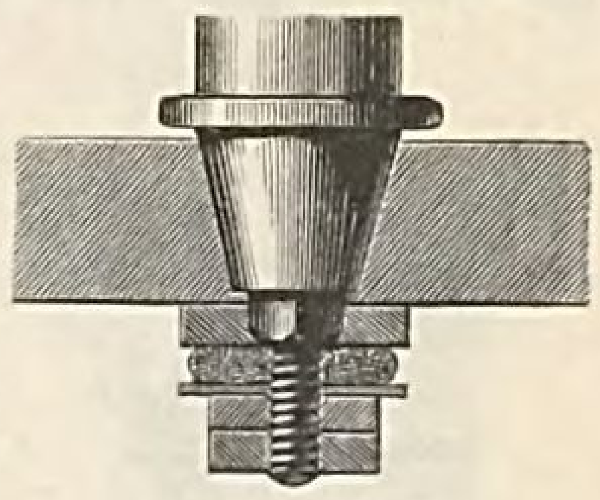
16) **Drehbare Zapfen mit Nuth.** Soll das eine Ende einer Achse fest, das andere drehbar sein, oder richtiger, soll eine Achse eine drehbare Verlängerung erhalten, so versieht man letztere mit einem

Zapfen, der in eine entsprechende Höhlung der Achse einpasst und dadurch festgehalten wird, dass man eine durch die Wand der Höhlung getriebene Schraube, oder besser zwei gegenüberstehende in eine in den Zapfen eingedrehte Rinne eingreifen lässt.

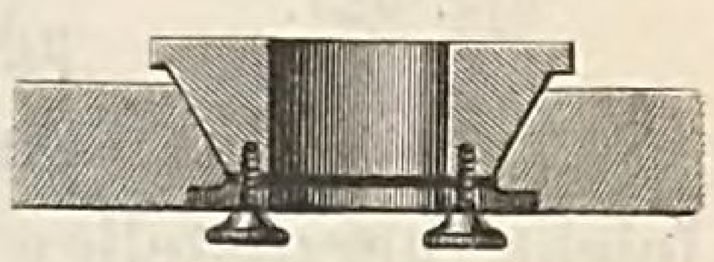
17) **Ring- oder Kammzapfen.** Sollen beide Enden einer Achse frei bleiben, und dieselbe nur in einem einzigen Lager laufen, so könnte man die freiliegenden Theile stärker anfertigen, als den im Lager eingeschlossenen. Zweckmäßiger ist es aber, die Achse im allgemeinen von gleichförmiger Stärke anzufertigen und nur einige Wülste oder Kämme anzubringen, welche in entsprechenden Vertiefungen des Lagers laufen.


Fig. 621.

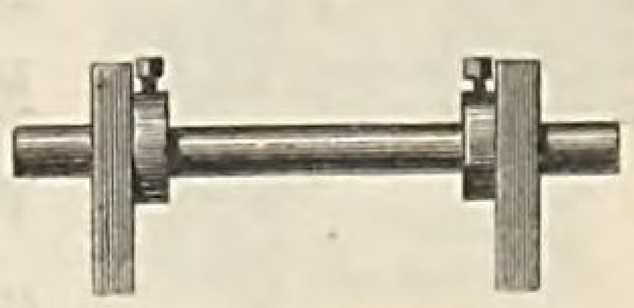
18) **Conischer Zapfen.** Eine freistehende Säule muss zuweilen derart befestigt werden, dass sie in der Fußplatte leicht und sicher drehbar ist. Man gestaltet in solchem Falle den Zapfen sowie entsprechend die Bohrung conisch und versieht ihn mit Vierkant und Schraube, um nacheinander eine Scheibe mit viereckigem Loch, eine Kautschukplatte, eine dünne Blechscheibe, Mutter und Gegenmutter aufsetzen zu können. Je schlanker der Conus, um so sicherer bewahrt die Achse ihre Lage, um so größer ist aber die Reibung und die Gefahr des Einklemmens. Einklemmen wird insbesondere auch durch beträchtliche und rasche Temperaturschwankungen (bei verschiedenen Ausdehnungscoefficienten) erzeugt, indem sich der Hohlraum erweitert, der Zapfen tiefer einsinkt und nun bei Wiederzusammenziehung festgeklemmt wird.


Fig. 622.

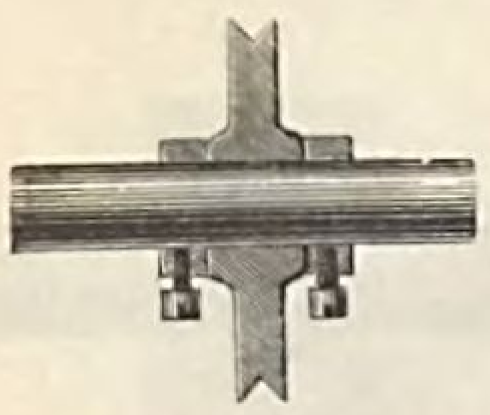
19) **Drehbarer Ring.** Größere Ringe, welche in entsprechenden Oeffnungen leicht und sicher drehbar sein sollen, können ebenfalls conisch gestaltet und durch Schrauben unter federnder Zwischenlage befestigt werden. Das Gewicht eines solchen Ringes darf indess nicht zu groß sein, da die Reibung hierdurch zu sehr vergrößert würde. Zweckmäßiger gestaltet man ihn daher genau cylindrisch und schleift den Ansatz dicht auf die Platte auf. Um alles Schwanken zu hindern, kann man schließlich noch in dem Lager einen oder mehrere nachstellbare Backen anbringen.


Fig. 623.

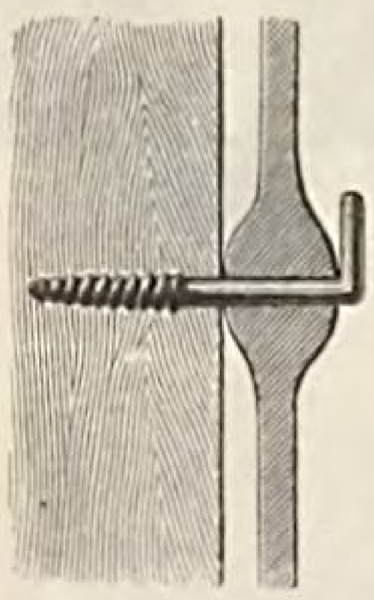
20) **Stellringe.** Für die Herstellung sowohl wie auch für Demontirung und Abänderung von Wellenleitungen ist es sehr zweckmäßig, wenn die Wellen allenthalben gleiche Dicke, nirgends Ansätze, vorspringende Wülste und dergl. besitzen. Da nun aber zur Fixirung der Welle gegen Ver-


Fig. 624.

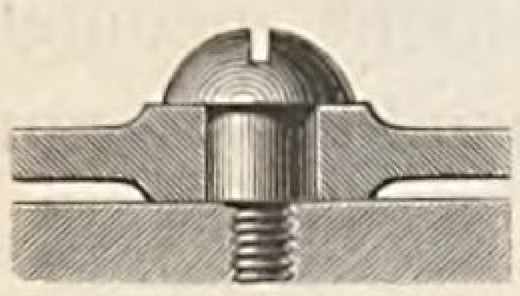
schiebungen längs ihrer Achse solche unentbehrlich sind, so macht man dieselben lösbar, d. h. man ersetzt sie durch Ringe, welche mittels Stellschraube an der gewünschten Stelle befestigt werden.


Fig. 625.

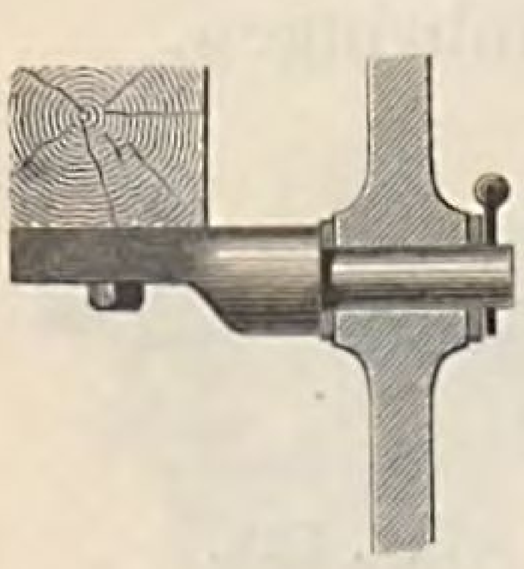
21) **Rolle zwischen Stellringen.** Stellringe können ebenso auch dazu dienen, eine Rolle auf einer feststehenden Achse in beliebiger Stellung gegen Längsverschiebung zu fixiren. Steht die Achse vertikal, so genügt sogar meist ein einziger Stellring. Da die Achse durch die Schrauben der Stellringe beschädigt wird, so verwendet man bei feineren Apparaten verstellbare Hülsen, d. h. man lässt die Rolle nicht direkt auf der Achse, sondern auf einer Hülse laufen, welche an einem der Stellringe angesetzt ist, gewissermaßen einen Fortsatz desselben bildet.


Fig. 626.

22) **Hakenschraube als Achse.** Um eine kleine Rolle rasch irgendwo zu befestigen, ohne auf besondere Haltbarkeit oder Leichtigkeit der Bewegung Rücksicht zu nehmen, kann man einfach eine gewöhnliche Kopfschraube oder Hakenschraube als Achse wählen und dieselbe in die (hölzerne) Unterlage einschrauben. Ist die Rolle in der Mitte nicht verdickt, so dass sie streifen würde, so legt man einige Scheibchen unter.


Fig. 627.

23) **Kopfschraube mit Ansatz.** Auch bei feineren Apparaten werden nicht selten Kopfschrauben als Achsen für Rollen benutzt. Da nun aber Schrauben, namentlich Metallschrauben, falls sie fest halten sollen, kräftig angezogen werden müssen, dadurch aber die Rolle festgeklemmt würde, versieht man die Schraube mit einem Ansatz. Diese Befestigungsweise ist zwar einfach und leicht herzustellen, indess sehr unsicher, wenigstens wenn die Rolle auch Drehungen entgegen der Schraube ausführen soll. Will man Sicherheit haben, so setze man eine Gegenmutter auf oder verniete die Schraube durch einige Hammerschläge auf die vorragenden Gewindegänge, oder Einschlagen einiger Körnerpunkte in der Nähe des Randes. Ist dies nicht möglich, so hilft einzig Einlöthen oder Einkitten.


Fig. 628.

24) **Angeschraubte Achse.** Für große Rollen und Räder ist die vorige Befestigungsweise unbrauchbar. Man ist genöthigt, eine Achse ohne Kopf anzuwenden, welche am freien Ende zur Aufnahme der Rolle einen cylindrischen Ansatz besitzt, im übrigen beliebige Form haben kann und in irgend einer Weise, sei es durch Einlöthen, Anschrauben und dergl., befestigt wird. Zum

Festhalten der Rolle dient ein geschlitzter Vorsteckstift mit umgebogenen Enden nebst Scheibe.

XVII. Gelenke.

1) **Pendel.** Die einfachste Art der Herstellung eines Gelenkes, d. h. einer innerhalb bestimmter Grenzen drehbaren Verbindung, besteht in der Aufhängung des Körpers an einer Schnur nach Art eines Pendels. Für stärkere Beanspruchungen finden Lederriemen oder Ketten Anwendung. Die Drehung findet in keinem dieser Fälle um einen genau bestimmten Punkt statt. In dem Brüchigwerden der Schnüre bei vielfachem Hin- und Herbiegen findet diese Art von drehbarer Verbindung eine wesentliche Beschränkung.



Fig. 629.

2) **Bi- und contrafilare Aufhängung.** Wie bereits in dem Capitel »Befestigung durch Aufhängen« angegeben wurde, gestatten die bi- und contrafilare Aufhängung eine Drehung in einer Ebene, können also zu Gelenken Verwendung finden. Bei der contrafilaren Aufhängung liegt der Schwerpunkt des Körpers nicht zwischen den Aufhängepunkten, sondern außerhalb, und zwar zunächst bei dem der nach oben gehenden Schnur.

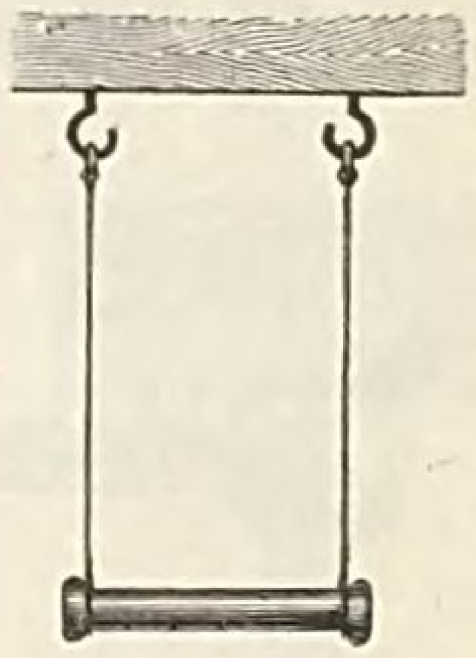


Fig. 630.

3) **Federsuspension.** Bei Uhrpendeln findet man nicht selten die Aufhängung mittels einer Feder bewerkstelligt. Ist dieselbe hinreichend dünn und lang, um eine Beanspruchung über die Elasticitätsgrenze hinaus zu vermeiden, so ist Abbrechen nicht zu befürchten. Zum Tragen schwerer Lasten ist sie jedoch dann nicht mehr geeignet, die Anwendbarkeit wird also hierdurch beschränkt.



Fig. 631.

4) **Eingeschraubte Schneide.** Für schwerere Pendel, Wagebalken und dergl. verwendet man als Gelenke genau abgeschliffene Schneiden, die, ähnlich wie die im vorigen Capitel erwähnten Spitzen, auf harten, aus Stahl oder Stein gefertigten Platten sich bewegen. Um eine Längsverschiebung zu hindern, lässt man die Enden gegen angesetzte Plättchen stoßen und schleift die Endflächen schief an, um möglichst alle Reibung zu vermeiden.

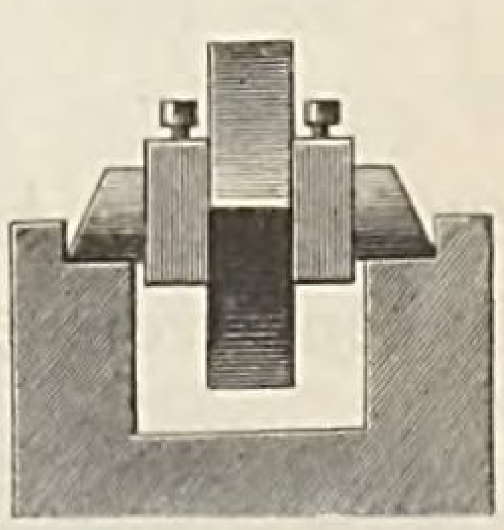
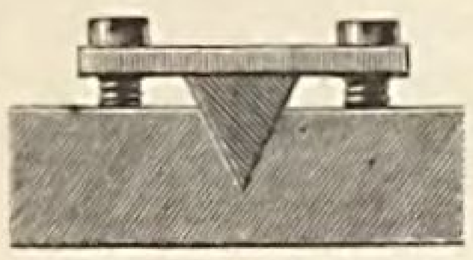
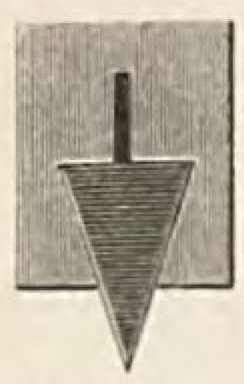


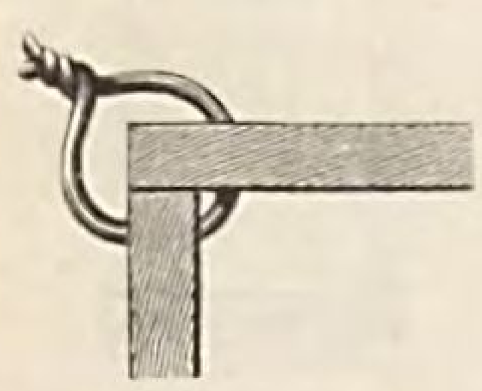
Fig. 632.


Fig. 633.

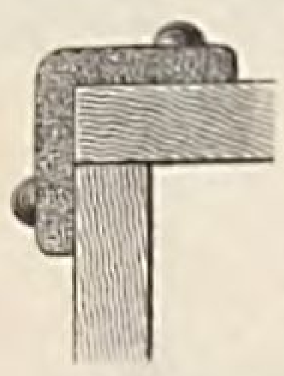
5) **Aufgeschraubte Schneide.** Die Befestigung einer Schneide in dem zu unterstützenden Körper geschieht in der Weise, dass man dieselbe mittels eines Keils oder durch eine oder mehrere Schrauben in eine entsprechende Fuge einzwängt. Eine einfache Vorrichtung dieser Art zeigt die nebenstehende Figur. Bei feineren Instrumenten bringt man Regulirschrauben an. Würde z. B. bei Fig. 632 die Fuge schwach bogenförmig sein, so könnte man durch stärkeres Anziehen der einen oder anderen Schraube die Schneide senkrecht zur Fläche justiren.


Fig. 634.

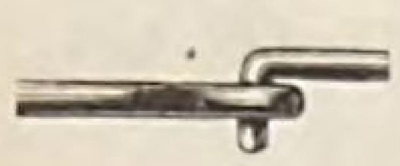
6) **Eingetriebene Schneide.** Für manche Zwecke genügt es vollkommen, die Schneide in eine Nuth einzutreiben, nachdem man diese durch Einsägen eines Schlitzes etwas federnd gemacht hat. Freilich erfordert diese Befestigungsweise ein sehr exaktes Ausfeilen der Nuth, was dem wenig Geübten nicht leicht ist.


Fig. 635.

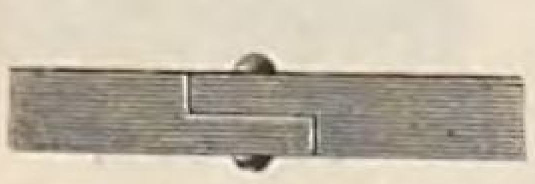
7) **Drahtverbindung.** Gelenke, wie sie z. B. zur Befestigung von Schachteldeckeln, kleinen Thürchen und dergl. nöthig sind, kann man, falls es nur auf rasche Fertigstellung und nicht auf Exaktheit der Arbeit ankommt, aus Draht herstellen, indem man in die beiden zu verbindenden Platten einander gegenüber möglichst nahe am Rande Löcher bohrt, durch diese einen Draht durchzieht und denselben zu einer Schleife zusammendreht.


Fig. 636.

8) **Lederband.** Fast ebenso einfach wie die vorigen sind Gelenke aus angenagelten oder angeklebten Lederbändern. In manchen Fällen genügt sogar Verbindung durch Leinwand oder Papierstreifen. Dass solche Gelenke sehr dauerhaft sein können, beweisen die Einbände der Bücher.


Fig. 637.

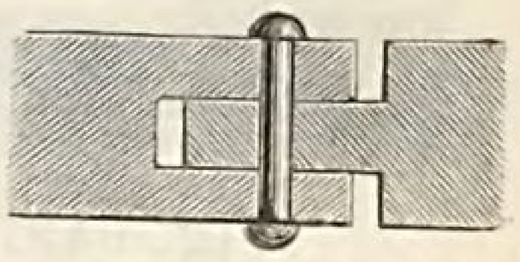
9) **Drahtgelenk.** Etwas complicirtere, aber häufig zweckmäßigere, jedenfalls weniger plumpe und für häufigen Gebrauch dauerhaftere Gelenke kann man in der Weise erhalten, dass der eine Gegenstand mit Oesen versehen wird, die aus Draht gebogen und mittels eines zugespitzten Ansatzes eingetrieben und befestigt werden, das andere mit Haken, welche in diese Oesen eingreifen.


Fig. 638.

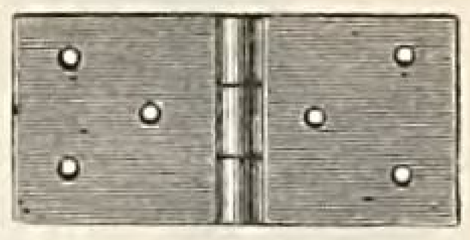
10) **Einseitiges Gelenk.** Zur beweglichen Verbindung zweier Stangen werden beide an den zu verbindenden Enden halb abgenommen und so zusammengelegt, dass die Halbirungsflächen sich decken, und nun

vermittelst einer Niete verbunden. Die Anwendung einer Schraube ist ebenfalls zulässig, wenn dieselbe, soweit sie sich im Gelenk befindet, mit Ansatz versehen ist, so dass ohne Festklemmen des Gelenkes scharfes Anziehen möglich ist. Immerhin ist die Gefahr selbstthätigen Lösens nicht ausgeschlossen, und man thut gut, durch eine Gegenmutter oder durch Deformiren der letzten Schraubengänge die Schraube zu sichern.

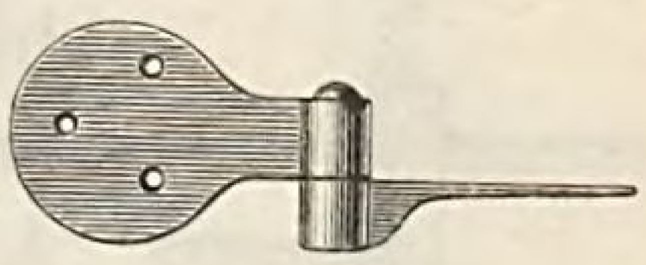
11) **Gabelgelenk.** Das eben beschriebene Gelenk besitzt den Nachtheil, dass es gegen seitlich wirkende Kräfte nach einer Richtung weit geringeren Widerstand bietet als nach der andern, so dass leicht Knickung und damit Bruch der Verbindung erfolgt. Dieser Uebelstand wird vermieden bei dem nach gleichem Prinzip, aber symmetrisch construirten Gabelgelenk. Allerdings ist die Anfertigung beträchtlich schwieriger und verlangt, wenn das Gelenk in Metall sauber ausgeführt werden soll, von dem Arbeiter beträchtliche Uebung im Feilen; nichtsdestoweniger dürfte es meist vorzuziehen sein.


Fig. 639.

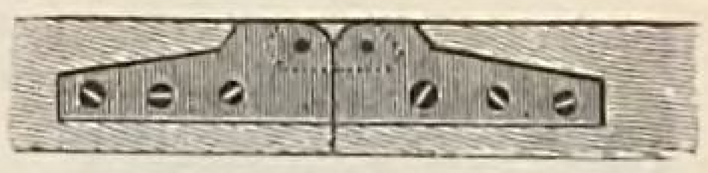
12) **Blechcharnier.** Zur Verbindung von Platten, z. B. für Thürchen, Deckel, Verlängerungen und dergl., sind diese Charniere sehr bequem und allgemein im Gebrauch. Man biegt zwei gleiche Blechstreifen von angemessener Größe in der Mitte zusammen, legt einen Draht ein und klemmt nun fest zu, so dass sich das Blech gut um den Draht umlegt und ein cylindrischer Wulst entsteht. Nun nimmt man von beiden einzelne Strecken ab, so dass die entstehenden Zinken zusammenpassen, und steckt den Draht wieder durch. Zweckmäßiger bezieht man diese Charniere fertig im Handel, da man sie leicht in gewünschter Größe vorräthig findet.


Fig. 640.

13) **Schippenband mit Kloben.** Blechcharniere der beschriebenen Art müssen, falls sie beträchtliche Widerstandskraft besitzen sollen, sehr breit und vielfach ineinander verzinkt sein. Dadurch wird aber die Reibung sehr groß und die Herstellung schwierig. Man wählt also für schwerere Gegenstände stärkere Gelenke aus Schmiedeeisen, bestehend aus einem mit cylindrischem Zapfen versehenen Haken, dem Kloben, und dem denselben umfassenden Band, welches am freien Ende der leichteren Befestigung halber beträchtlich verbreitert ist.


Fig. 641.

14) **Seitliches Nussband.** Zur Verlängerung von Tischflächen und dergl. sind Gelenke nöthig, die an der Trennungslinie der beiden zu verbindenden Platten keine, und wenigstens nur geringe Störung verursachen. Man erreicht dies durch


Fig. 642.

seitlich angesetzte Charniere von der in der Figur angedeuteten Form. Die beiden Haupttheile, welche an die Seitenflächen der zu verbindenden Platten angeschraubt sind und entsprechende Stärke besitzen müssen, sind durch ein kleines, an beiden Seiten gelenkartig verbundenes Mittelstück vereinigt. Stehen die Platten in gleicher Ebene, so ist weitere Drehung unmöglich. Darin besteht ein weiterer Vorzug dieses Charniers.

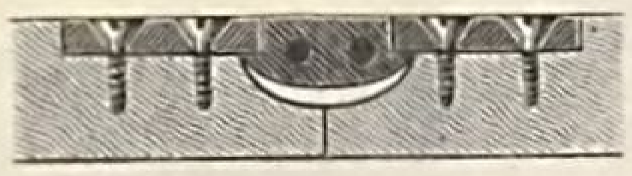


Fig. 643.

15) **Nussband.** Größere Festigkeit als das eben erwähnte Nussband bietet ein solches, welches nicht seitlich, sondern in der Fläche aufgeschraubt wird. Um dennoch die Fläche eben zu erhalten, lässt man dasselbe in das Holz ein. Für größere Flächen kann man leicht mehr als zwei derartige Gelenke anbringen, so dass die Verbindung weit zuverlässiger wird.

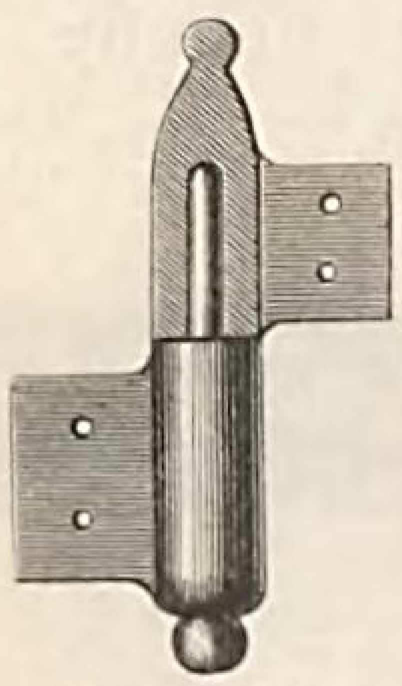


Fig. 644.

16) **Thürbänder.** Durch Verunreinigung mit Staub, Sand und dergl. wird die Reibung in Gelenken, welche sehr exponirt sind, bald erhöht und deren Zerstörung beschleunigt. Schutz hiergegen kann bei Thürbändern dadurch erzielt werden, dass man dem Band die Form eines Hütchens gibt, welches den Zapfen überdeckt. Gewöhnlich werden Ober- und Untertheil symmetrisch gestaltet und die Befestigung dadurch bewirkt, dass man die Ansätze in einen entsprechenden Schlitz im Holze einlässt und Nägel durch die Löcher hindurch treibt. Stoßen die beiden Theile in einer Schraubenfläche zusammen, derart, dass die Thür beim Oeffnen gehoben wird, so schließt sie sich nach dem Freilassen von selbst wieder, insofern sie wieder in die frühere tiefste Lage zu kommen sucht.

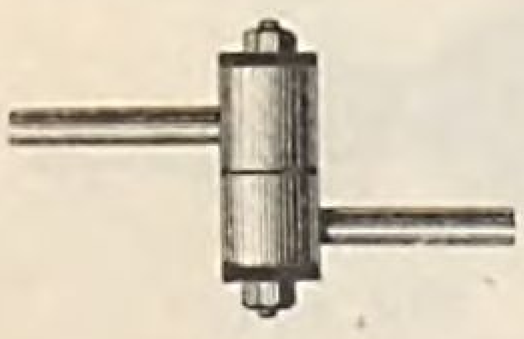


Fig. 645.

17) **Stangengelenk.** Gelenke von Stangen, welche beträchtliche Kraftwirkungen übertragen sollen, gestaltet man derart, dass die Enden der Stangen hohlcylindrische Ansätze erhalten, durch welche der verbindende Bolzen durchgesteckt wird. Die Befestigung erfolgt gewöhnlich durch Schrauben; der Bolzen muss indess Ansätze erhalten und Vierkante oder Zähne zum Festhalten der Unterlegscheiben, da sich sonst die Schrauben zu leicht lösen würden. Zweckmäßig werden letztere noch in irgend einer Weise gesichert. Zuverlässiger als ein einseitiges Gelenk ist ein gabelförmiges.

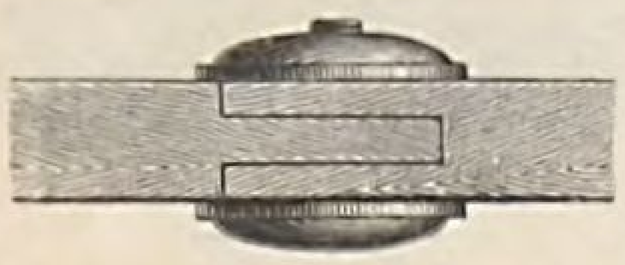


Fig. 646.

18) **Zirkelgelenk.** Gelenke, welche starke Reibung erfordern, erhalten breite Flächen und namentlich breite Unterlegscheiben. Der Kopf des Bolzens wird durch einen vorspringenden Zahn oder ein Vierkant an der Drehung behindert, so dass sich die

Schraube nicht lösen kann. Eine völlige Fixirung ist allerdings hierdurch nicht zu erzielen, so dass nach längerem Gebrauche die Schraubenmutter wieder fester angezogen werden muss.

19) **Mehrschlitziges Gelenk.** Um bei großen Zirkeln die nöthige starke Reibung zu erzielen, ersetzt man das einfache Gabelgelenk durch eines mit mehrfacher Verzinkung. Die Zahl der sich reibenden Flächen wird hierdurch größer, und durch kräftiges Anziehen der Flügelmutter kann jeder beliebige Grad von Reibung erzielt werden. Natürlich wächst die Schwierigkeit der Anfertigung mit der Zahl der Zinken, namentlich wenn dieselbe von Hand geschehen muss ohne Hülfsmaschinen.

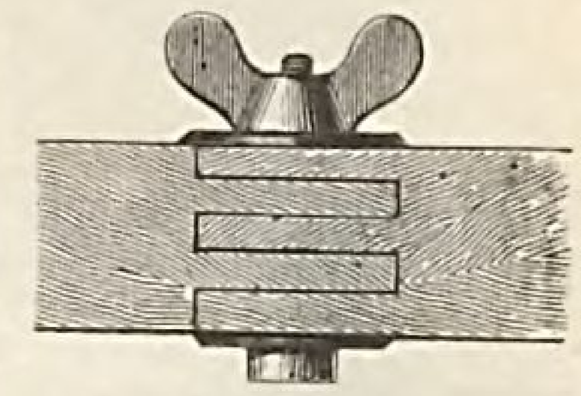


Fig. 647.

20) **Universalgelenk mit Kreuz.** Stangen, welche derart verbunden werden sollen, dass Biegung nach jeder Richtung möglich ist, erhalten entweder dicht hintereinander zwei zu einander senkrechte Gelenke, oder ein sogenanntes Universalgelenk, welches dadurch entsteht, dass beide Stangenenden gabelförmig gestaltet und charnierartig mittels Spitzen mit einem würfelförmigen Mittelstück verbunden werden. Man erzielt hierdurch den Vortheil, dass die Drehungsachse immer durch denselben Punkt hindurch geht.

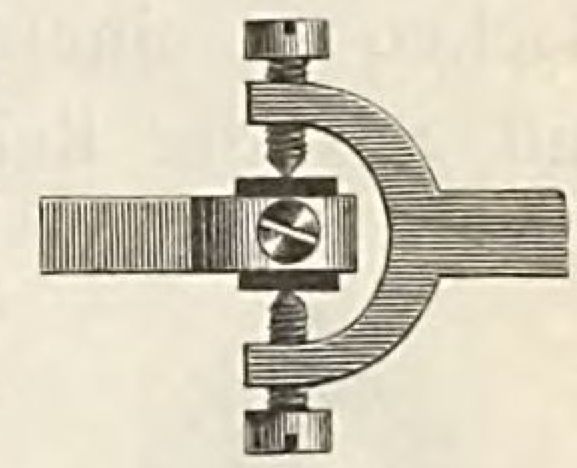


Fig. 648.

21) **Universalgelenk mit Ring.** Anstatt beide Stabenden gabelförmig zu gestalten, versieht man häufig das eine mit einem Knopf, welcher in dem nunmehr ringförmig construirten Mittelstück mittels durchgehender Achse befestigt wird. Das Gelenk wird dadurch wesentlich compendiöser und besonders für Stableitungen brauchbar, welche drehende Bewegung auf nicht geradlinigem Wege fortleiten sollen.

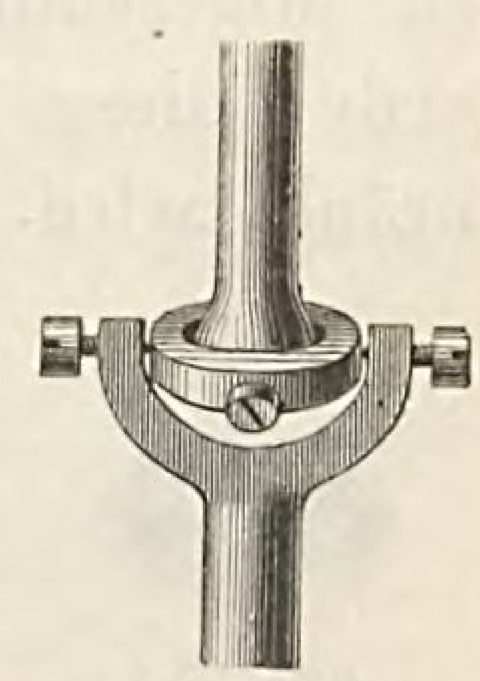


Fig. 649.

22) **Cardanischer Ring.** Dem vorigen Gelenke ganz ähnlich construirt ist der Cardanische Ring, welcher bekanntlich auf Schiffen dazu verwendet wird, Gegenständen hinsichtlich der Schwankungen des Schiffs eine horizontale oder vertikale Lage zu wahren. Ein in den mittleren Ring eingesetzter Gegenstand, dessen Schwerpunkt die tiefste Lage besitzt, wird seine Stellung beibehalten, wie auch der Stab, an welchem das Ringsystem befestigt ist, gedreht werden mag.

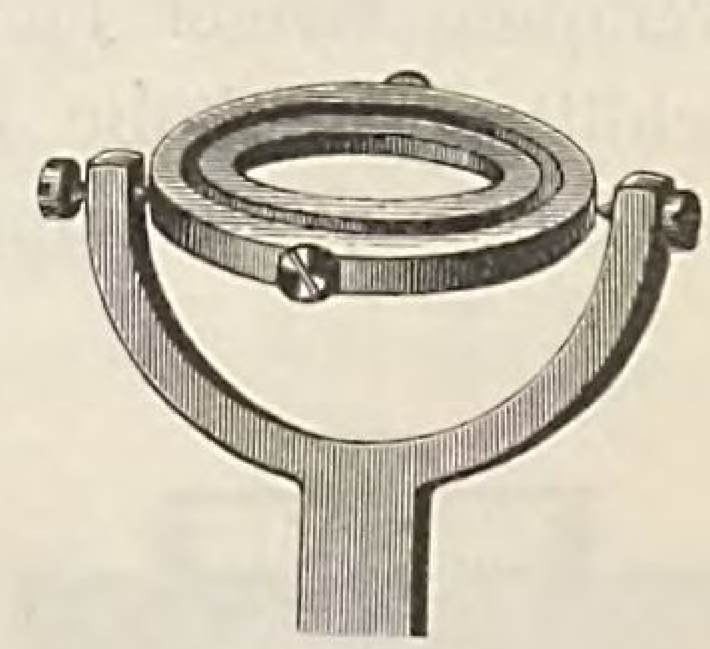


Fig. 650.

XVIII. Führungen.

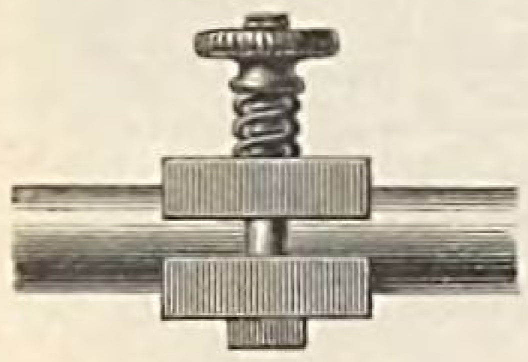


Fig. 651.

1) **Cylindrische Stange.** Die einfachste Art der Führung eines Körpers besteht darin, denselben zu zwingen, sich längs einer geraden Linie zu bewegen. Unter geradflächigen Stäben, welche als Führung dienen können, sind nun Cylinder am leichtesten zu erhalten. Zuweilen genügt ein mehr oder minder starker Draht, längs welchem ein Ring hingleitet. Eine exaktere Führung wird erzielt, indem man mittels einer federnden Klemme zwei Backen an einen genau abgedrehten Cylinder anpresst, so dass sie sich mit gewisser Reibung an demselben bewegen können.

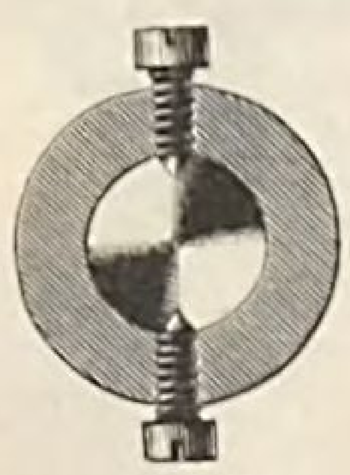


Fig. 652.

2) **Cylinder mit Nuth.** Soll keine Drehung um die Achse des als Führung dienenden Cylinders möglich sein, so arbeitet man in denselben eine zur Achse parallele Nuth ein, in welche ein vorspringender Zahn, z. B. die Spitze einer Schraube eingreift. Zuverlässiger sind zwei diametral gegenüber stehende Nuthen, da, falls der eine Zahn durch häufigen Gebrauch sich soweit abgeschliffen hat, dass er Unsicherheit der Bewegung erzeugen würde, diese Unsicherheit durch den andern Zahn bedeutend eingeschränkt wird.

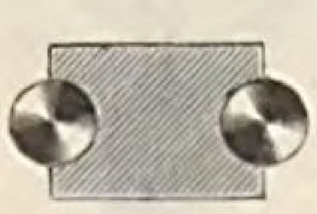


Fig. 653.

3) **Zwei Stangen.** Das Ausarbeiten längerer Nuthen ist eine sehr schwierige Arbeit, falls man keine dazu geeignete Hobelmaschine besitzt. Außerdem nützt sich, wie bereits bemerkt, die Führung leicht ab; insbesondere bei starker Beanspruchung. Häufig erzielt man daher die geradlinige Führung ohne Drehung durch Anwendung zweier Führungscylinder. Es ist dann nicht nöthig, dass der Schlitten die Stäbe vollständig einschließt, man versieht ihn einfach mit zwei den Stäben anpassenden Rinnen.

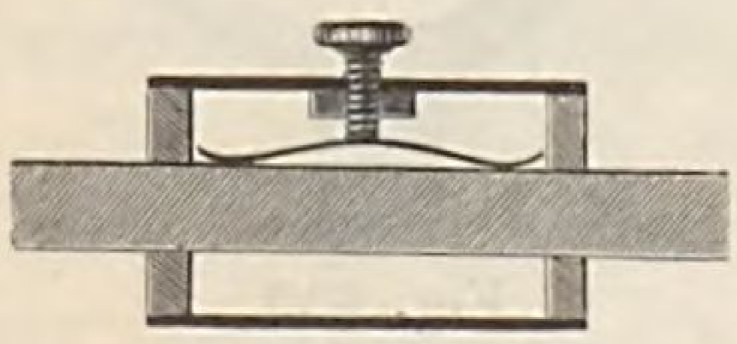
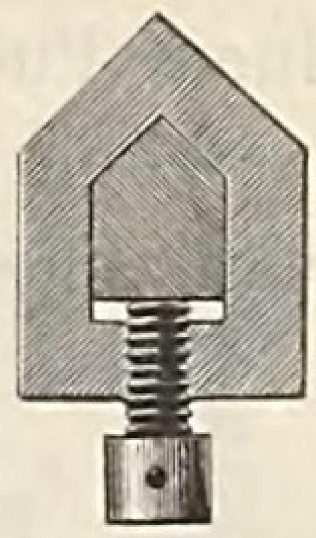


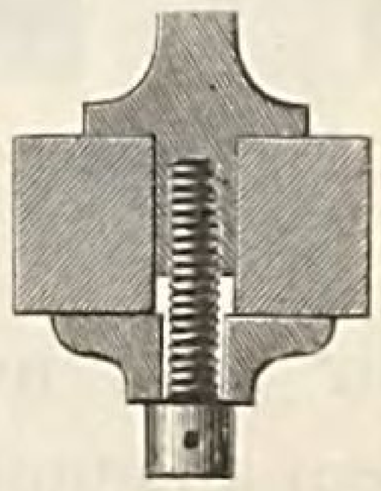
Fig. 654.

4) **Vierkantiges Prisma.** Für weniger exakte Führungen können vierkantige Holzstäbe (z. B. Lineale) dienen, an welche der Schlitten durch eine schwach gebogene Feder angedrückt wird. Das genaue Bearbeiten solcher Stäbe macht dem Ungeübten indess Schwierigkeiten, und Metallstäbe können mit Vortheil kaum anders als mit der Hobelmaschine genau vierkantig bearbeitet werden.

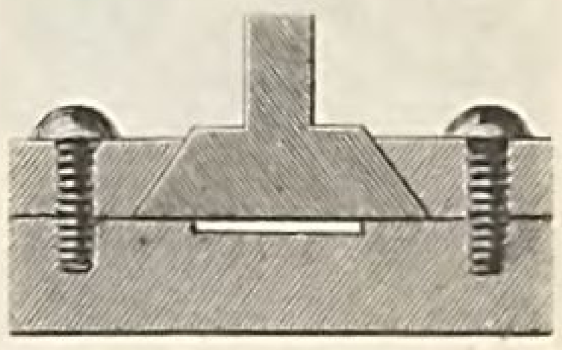
5) **Fünfkantiges Prisma.** Eine sehr sichere, exakte und dabei dauerhafte Führung wird erzielt durch Anwendung eines fünfkantigen Prismas. Leider bietet auch dieses der Herstellung ohne Hobelmaschine Schwierigkeiten. Auch ein dreiseitiges Prisma kann entsprechend verwendet werden, besitzt indess bei gleicher Metallmasse geringere Festigkeit.


Fig. 655.

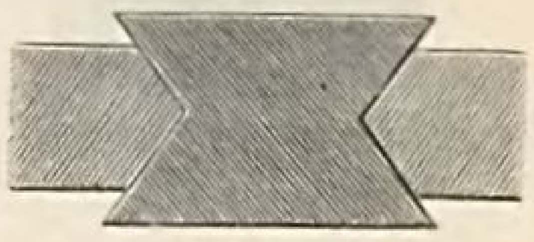
6) **Zwei Prismen.** Führungen, welche sehr stark beansprucht werden, stellt man aus zwei in mehr oder minder großem Zwischenraum verlaufenden Prismen oder prismatischen Ansätzen größerer Metallmassen her. Der Schlitten bewegt sich innerhalb des Schlitzes und ruht zu beiden Seiten mit Ansatzflächen auf den beiden Schienen auf. Soll sich derselbe in bestimmter Lage feststellen lassen, so fertigt man ihn, wie die Figur 656 zeigt, aus zwei durch eine Schraube zusammengehaltenen Theilen.


Fig. 656.

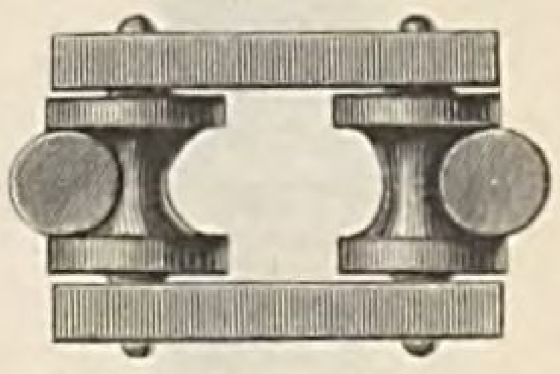
7) **Schwalbenschwanzführung.** Sehr leichte und exakte und auch starke Führung bietet diejenige Construction, bei welcher der Schlitten von schwalbenschwanzförmigem (trapezförmigem) Querschnitt sich zwischen entsprechend abgeschrägten Leisten längs einer Schiene oder Grundplatte bewegt. Die Reibung längs letzterer vermindert man durch Aushöhlung der unnöthigen Mittelfläche. Durch Nachstellen der Leisten kann auch nach starker Abnutzung stets wieder dichter Anschluss erzielt werden. Zuweilen erhält eine der Leisten längs der Arbeitsfläche einen durch Schrauben beweglichen Ansatz, welcher genaues Justiren ermöglicht.


Fig. 657.

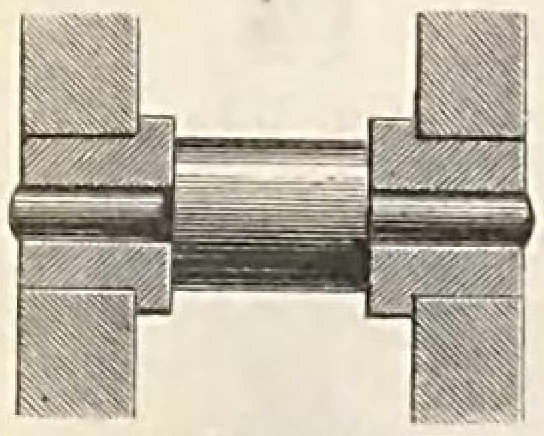
8) **Doppelter Schwalbenschwanz.** Statt zweier vierkantiger Prismen können auch fünfkantige verwendet werden. Der Schlitten erhält dann einfach zwei einspringende Winkel. In Folge dessen ist er bei gleicher Masse widerstandsfähiger als ein solcher bei vierkantigen Prismen. Man verwendet diese Constructionsweise dann, wenn starke Kräfte zur Wirkung kommen, welche den Schlitten aus der Führung herauszudrängen suchen.


Fig. 658.

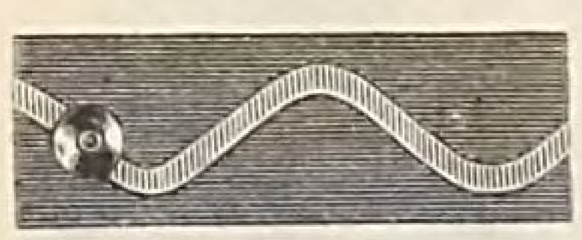
9) **Cylinderführung mit Rollen.** Bei genau gearbeiteten Prismenführungen und reichlicher Oelung ist die Reibung nicht sehr beträchtlich. Immerhin kann es nöthig sein, dieselbe noch mehr zu vermindern. Man versieht zu diesem Zwecke die vier Enden des Schlittens mit Rollen, welche den Führungsstangen entsprechend


Fig. 659.

ausgearbeitet sind, und zwar sehr wenig größer, so dass eigentlich nur in einem Punkte Berührung stattfindet. Eine ganz exakte Bewegung ist auf solchem Wege allerdings nicht zu erzielen, da immerhin kleine Schwankungen des Schlittens möglich sind.


Fig. 660.

10) **Prismenführung mit Friktionsrollen.** Die vorige Art der Verwendung von Friktionsrollen wird namentlich dann unbrauchbar, wenn seitliche Kräfte den Schlitten aus der Führung herauszudrängen suchen. Man verwendet dann vier Prismen, resp. man lässt die Rollen in zwei Schlitzen laufen, so dass sie je nach der Richtung des seitlichen Druckes entweder auf der einen oder anderen Seitenfläche des Schlitzes rollen. Bei der Figur sind nur zwei durch eine Achse verbundene Rollen gezeichnet, indem angenommen ist, dass diese Achse die Achse eines Stangengelenkes sei, welches durch diese Stangen selbst gehindert ist, eine schiefe Lage zwischen den Führungsprismen anzunehmen (Kreuzkopf, Querhaupt).


Fig. 661.

11) **Curvenführung.** Um einen Punkt zu zwingen, sich längs einer beliebigen Curve, z. B. einer Wellenlinie zu bewegen, arbeitet man diese Curve in Form einer Rinne (oder eines Schlitzes) mit parallelen (ev. unterschnittenen) Seitenwänden in eine Platte (Cylinder, Conus) ein, oder setzt mehrere Stücke derart zusammen, dass sie einen solchen Canal bilden. Die zu führende Achse (Stift) versieht man dann zweckmäßig mit einer Friktionsrolle, welche sich der Rinne dicht anschließt und in derselben leicht gleitet.


Fig. 662.

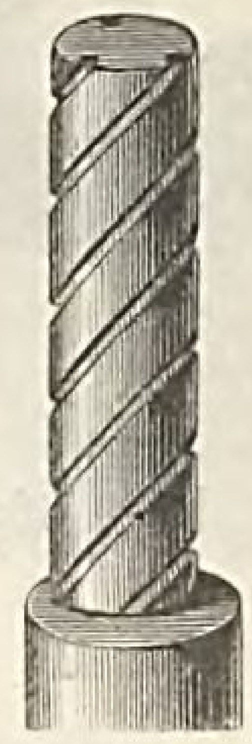
12) **Scharfgängige Schraube.** Ein spezieller Fall der Führung längs einer Curve ist die Schraubenführung, d. h. die Führung längs einer auf einer Cylinderfläche aufgetragenen Schraubenlinie. Gewöhnlich arbeitet man die Schraubenlinie als Furche ein und lässt nicht einen einzigen Zahn oder Stift in dieselbe eingreifen, sondern eine entsprechende schraubenartige Erhöhung in einem Hohlcylinder von gleichem Durchmesser der sogenannten Schraubenmutter. Falls die Schraube seitlich zu entfernen sein soll, theilt man die Mutter der Länge nach in zwei Hälften und verwendet, wenn zulässig, nur eine derselben.


Fig. 663.

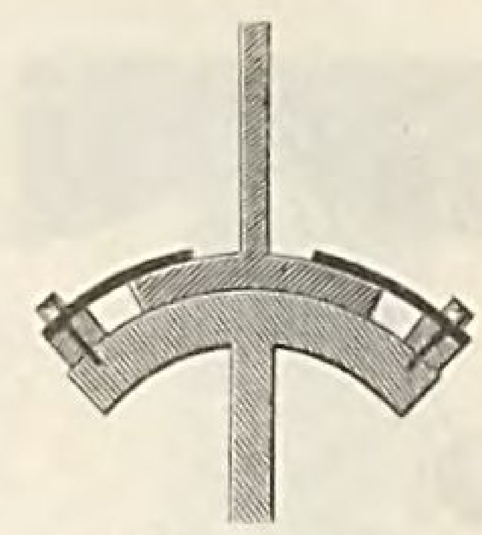
13) **Flachgängige Schraube.** Wirkt ein starker Druck längs der Achse der Schraube, so bieten scharfe Schraubengänge nicht genügende Widerstandskraft. Die vertieften und entsprechend die erhöhten Schraubengänge erhalten dann rechteckigen Querschnitt. Die Herstellung

einer derartigen Schraube ist schwieriger und muss mit Hülfe der Drehbank geschehen, ebenso wie die der folgenden.

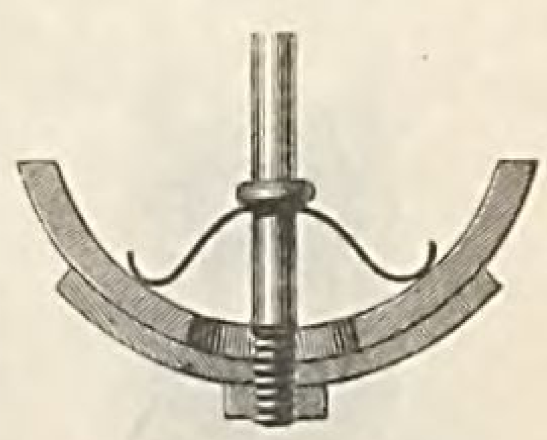
14) **Mehrgängige Schraube.** Schrauben mit steilem Gewinde erhalten mehrere Schraubgänge nebeneinander. Sie finden dann Anwendung, wenn die Mutter rasch verschoben werden soll, gestatten aber den bekannten Prinzipien der schiefen Ebene zufolge nur geringen Druck auszuüben. Die Mutter wird, wie wohl auch bei den beiden vorigen, zuweilen durch eine einzige eingreifende Lamelle oder einen Zahn ersetzt.


Fig. 664.

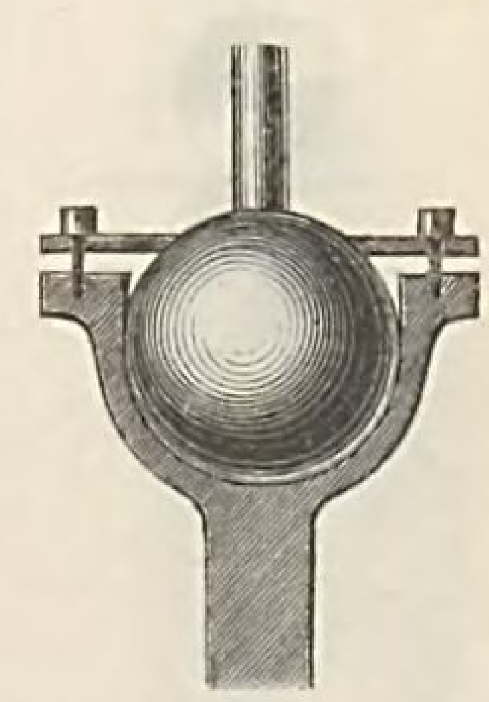
15) **Aeufsere Kugelführung.** Führung längs einer Kugeloberfläche, wenigstens über eine Kugelhaube kann dadurch erhalten werden, dass man den zu führenden Stift mit einer Kugelschale von entsprechendem Durchmesser verbindet und diese durch ein federndes Blech an die Kugel andrückt. Dieses Blech muss mit einer Oeffnung versehen sein, welche ausreichend ist, dem Stift die Bewegung innerhalb der gewünschten Grenzen zu gestatten.


Fig. 665.

16) **Innere Kugelführung.** Für manche Zwecke ist es nützlicher, den zu führenden Stift durch den Mittelpunkt der Kugel, also durch das Innere derselben durchgehen zu lassen. Das federnde Blech berührt dann die führende Kugelschale von innen. Man trage Sorge, dass dasselbe nicht unter zu großem Winkel sich gegen die Kugelschale stütze, da sonst Vibriren oder Klemmen eintritt, und in Folge dessen ungleichmäßige Bewegung.


Fig. 666.

17) **Kugelgelenk.** Das Kugelgelenk ermöglicht, ähnlich wie das Universalgelenk, zwei miteinander verbundene Stäbe nach allen Richtungen gegen einander zu neigen, wenigstens bis zu gewisser Grenze. Es ist dabei compendiös, gestattet außerdem die eine Achse gegen die andere zu drehen und kann durch Anziehen der Schrauben in Folge vermehrter Reibung einen mehr oder minder hohen Grad von Schwerbeweglichkeit erhalten. Statt der Flantschenverschraubung kann auch, wenn es die Umstände erfordern, eine Ueberwurfschraube verwendet werden, und zuweilen erweist es sich vortheilhaft, den Stiel der Kugel nicht, wie die Figur zeigt, oben, sondern seitlich austreten zu lassen.


Fig. 667.

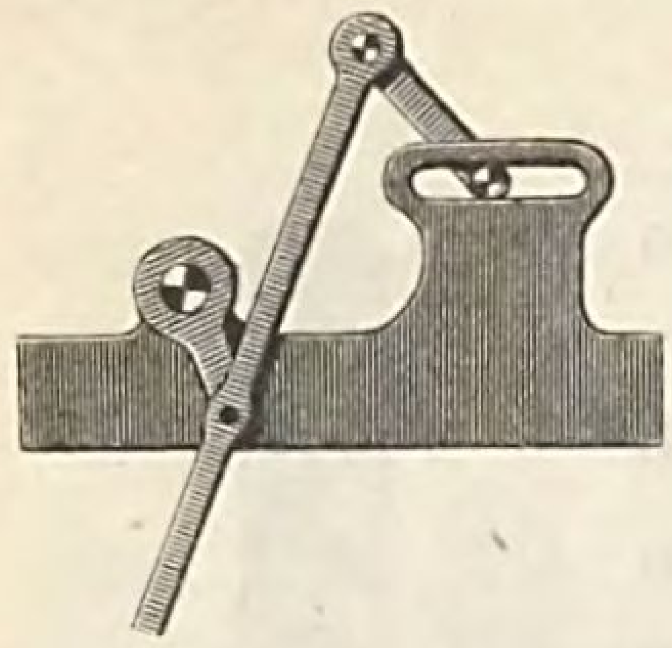


Fig. 668.

18) **Schaufelführung.** Durch Combination von Gelenken und Führungen, sowie Benutzung von Reibungs- und Gravitationswirkungen kann man einen Punkt zwingen, sich auf sehr complicirtem Wege zu bewegen. Eine Verbindung, wie sie die beistehende Figur zeigt, bewirkt z. B. bei Drehung der auf der linken Seite befindlichen Achse eine schaufelartige Bewegung der mittleren Stange. Am häufigsten werden solche aus Stangen gebildete Führungen (z. B. das bekannte Watt'sche Parallelogramm*) als Geradführungen angewendet, wenn es dabei weniger auf Genauigkeit als möglichst geringe Reibung ankommt.

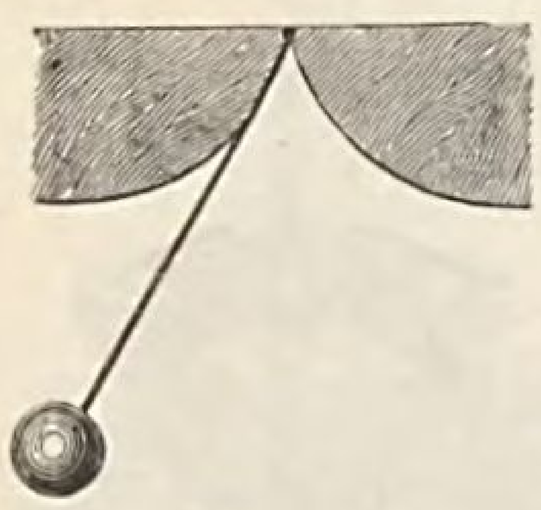


Fig. 669.

19) **Cycloidenpendel.** Die Mannigfaltigkeit der zu ersinnenden Combinationen wird noch bedeutend vergrößert, wenn man biegsame Körper, z. B. Fäden oder Drähte zu Hülfe nimmt, die sich während der Bewegung an Körper von geeigneter Gestalt anlegen oder auf solche aufrollen. Ein einfaches Beispiel bietet das Cycloidenpendel, bei welchem in dieser Weise der pendelnde Körper genöthigt wird, sich anstatt wie gewöhnlich auf einem Kreise, auf einer Cycloide zu bewegen.



Fig. 670.

20) **Drahtführung.** Eine Führung kann auch die Bestimmung haben, einen verschiebbaren Draht während seiner Bewegung in richtiger Bahn zu erhalten. Meist genügen hiezu einfache Ringe. Bei starker Beanspruchung wird aber die Reibung und in Folge dessen die Abnutzung zu beträchtlich, man wählt also Rollen. Häufig genügt eine einzige, sicherer sind indess zwei übereinander befindliche, dicht zusammenschließende, welche ein Abspringen des Drahtes unmöglich machen.

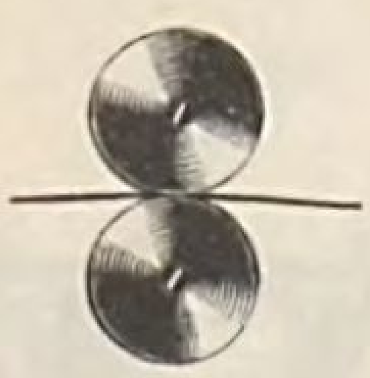


Fig. 671.

21) **Riemenführung.** Zur Führung von Riemen, Papierstreifen und dergl. dienen Rollen oder Walzen, wenn nöthig ebenfalls zwei übereinander stehende. Die vorspringenden Ränder, welche seitliches Abgleiten hindern sollen, dürfen nicht zu niedrig sein. Zweckmäßiger lässt man dieselben ganz beiseite und führt den Riemen durch eine außerhalb stehende Gabel. Bei genau justirten Rollen ist auch diese unnöthig.

*) Eine große Anzahl dieses und anderer solcher Lenker und Führungen nebst den zugehörigen Berechnungen findet man dargelegt in Weissbach-Herrmann's Mechanik der Zwischen- und Arbeitsmaschinen. Braunschweig 1877.

XIX. Kolben, Stopfbüchsen und Rohrgelenke.

1) **Massiver Kolben.** Ein Kolben ist ein durch eine Cylinderfläche geführter Körper, der den Innenraum dieses Cylinders gleichzeitig luft- oder wasserdicht absperren soll. Im einfachsten Falle wird derselbe massiv angefertigt und lediglich der Cylinderöffnung entsprechend genau abgeschliffen. Um ihn auf der Kolbenstange genau conaxial zu befestigen, erhält letztere eine conische Verdickung, welche in eine entsprechende Bohrung des Kolbens eingeschliffen wird. Eine Schraubenmutter, die auf ein vorspringendes Gewinde aufgeschraubt wird, hält beide zusammen.

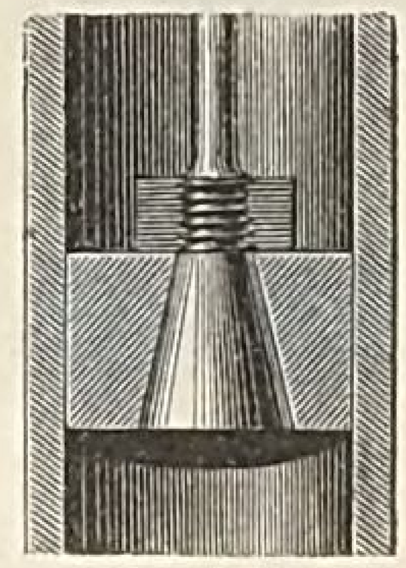


Fig. 672.

2) **Kolben mit Rinnen.** Die Hauptschwierigkeit bei der Herstellung eines Kolbens ist die Dichtung desselben gegen die Cylinderwände. Für rasch laufende Luftpumpenkolben kann eine ziemlich befriedigende Dichtung erzielt werden durch eingedrehte Rinnen. Das Durchdringen der Luft wird dadurch verlangsamt, dass eine Rinne nach der andern ausgefüllt werden muss, insofern zum raschen Durchströmen ein beträchtlicher Ueberdruck erforderlich ist.

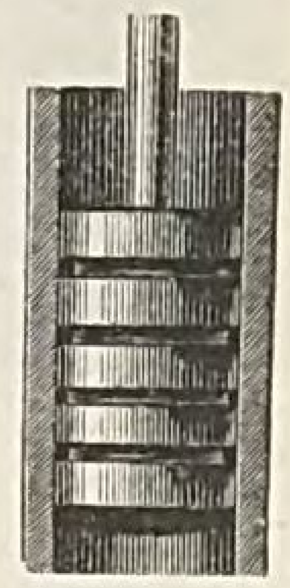


Fig. 673.

3) **Kolben mit Hanfdichtung.** Für Flüssigkeiten wird eine einfache und für viele Zwecke genügende Dichtung dadurch erzielt, dass man in den Kolben eine breite Rinne einarbeitet und in diese Hanf oder Baumwolle aufwickelt. Ist diese Dichtungsmasse einmal benetzt, so schließt sie sogar gegen Luft ziemlich dicht ab. Gewöhnlich sorgt man dafür, dass während des Gebrauchs stets Flüssigkeit über dem Kolben steht, um das Durchdringen von Luft überhaupt unmöglich zu machen.

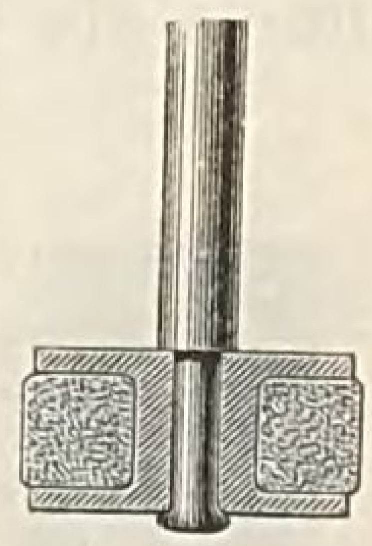


Fig. 674.

4) **Auszugröhre.** Manche Röhrenleitungen sollen eine verschiebbare Verbindung enthalten, größere Dampfleitungen z. B. deshalb, weil sich die Röhren beim Erwärmen ausdehnen können, also, falls nicht etwa ein federndes Zwischenstück eingeschoben ist, einen Bruch herbeiführen würden. Man gestaltet deshalb das eine Rohrende so weit, dass sich das andere einschieben lässt, und bewirkt ähnlich wie bei einem Kolben durch umgewickelten Hanf oder in anderer Weise dichten Anschluss.

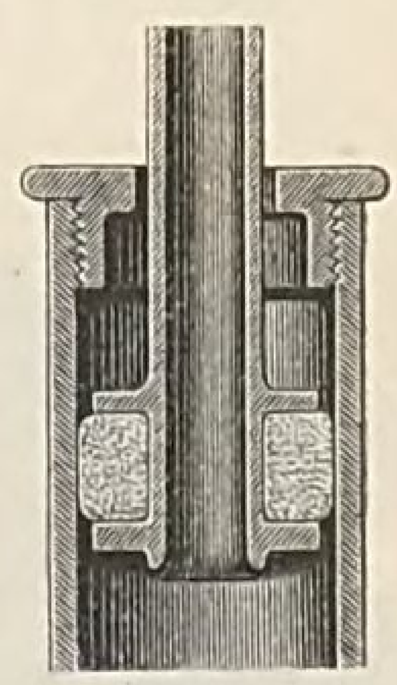
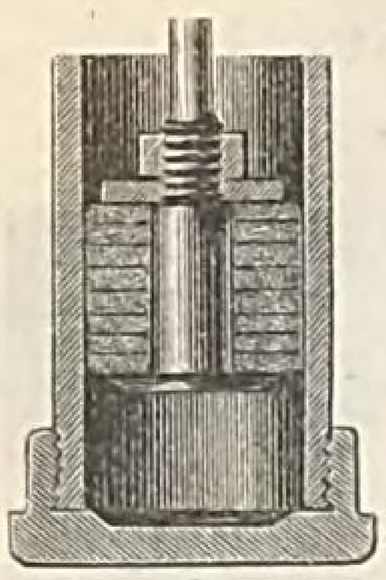
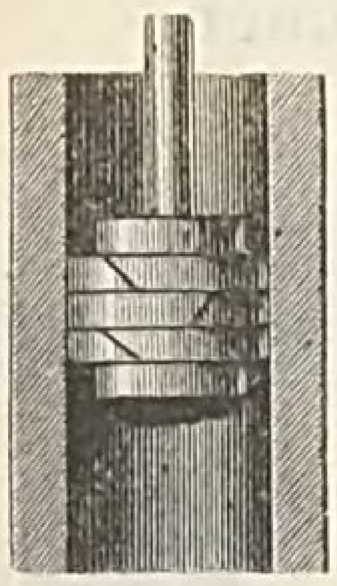


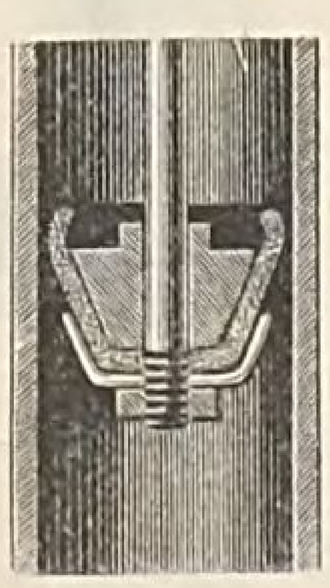
Fig. 675.


Fig. 676.

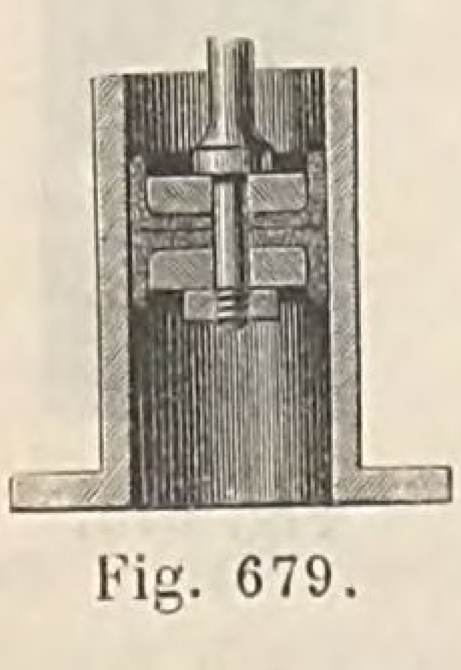
5) **Kolben mit Lederscheiben.** Völlig dichter Anschluss lässt sich, wenigstens bei nicht allzugroßem Ueberdruck, durch Lederscheiben erzielen. Dieselben werden in Ringform von entsprechender Größe ausgeschnitten, auf die Kolbenstange aufgeschraubt und nun soweit abgedreht, dass sie genau in den Cylinder einpassen. Durch schärferes Anziehen der Schraube ist bis zu gewissem Grade ein Nachstellen möglich. Für höhere Temperaturen, z. B. heißes Wasser, sind dieselben unbrauchbar, da sich das Leder beim Erwärmen zusammenzieht.


Fig. 677.

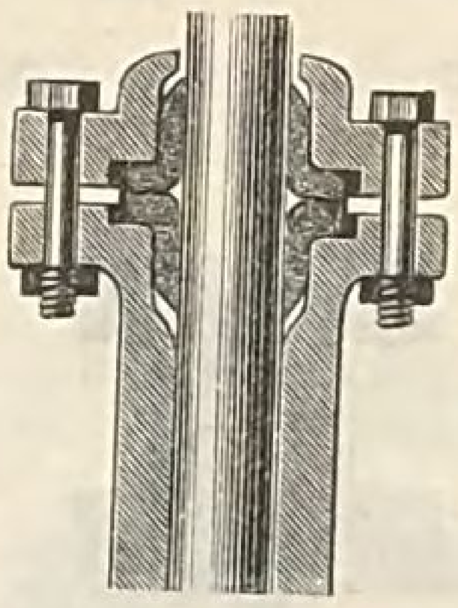
6) **Kolben mit Metallliderung.** Kolben, welche gegen heiße Flüssigkeiten oder Dampf dicht schließen und bei leichter Bewegung große Dauerhaftigkeit besitzen sollen, werden durch federnde Metallringe gedichtet. Dieselben sind in entsprechende Vertiefungen des Kolbens eingesetzt und an einer Stelle zur Erzeugung der Federung durch einen schiefen Schnitt aufgeschlitzt. Beim Einsetzen der Ringe sorgt man dafür, dass diese Schlitze gegen einander versetzt sind, so dass die Flüssigkeit nicht direkt aus einem in einen anderen gelangen kann. Das Abdrehen und Schleifen der Ringe geschieht natürlich vor dem Aufschlitzen, und der Durchmesser derselben wird etwas größer genommen als der innere des Cylinders.


Fig. 678.

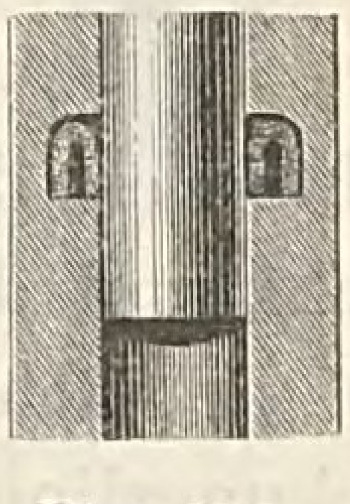
7) **Kolben mit Ledermanschette.** Bei Wasserpumpen, deren Kolben nur gegen Unter-, nicht gegen Ueberdruck dicht anschließen sollen, versieht man den Kolben mit einer Kappe aus Leder. Beim Durchtränken mit Feuchtigkeit wird dasselbe weich und schmiegt sich daher bei Unterdruck, d. h. Ueberdruck von seiten der Atmosphäre, also beim Heraufziehen des Kolbens, leicht an die Cylinderwände an, und zwar um so dichter, je mehr dieser Druck anwächst.


Fig. 679.

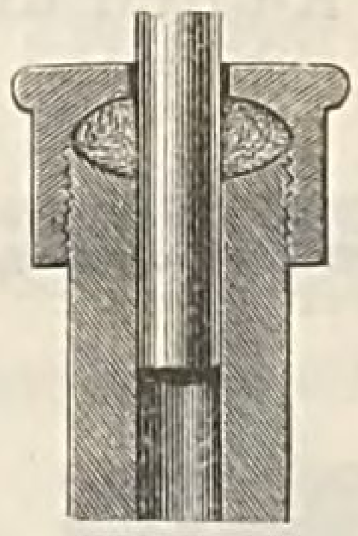
8) **Kolben mit zwei Manschetten.** Der Anschluss, der durch gut gearbeitete derartige Manschetten erzielt werden kann, ist so vollkommen, dass dieselben sogar zur Construction von Luftpumpen mit Vortheil Verwendung finden. Da hierbei aber nach beiden Richtungen Dichtung verlangt wird, so sind zwei gegenüberstehende Manschetten angewendet. Die Ränder derselben werden so abgeschrägt, dass die äußerste, dem Cylinder anliegende Schicht recht dünn, also leicht beweglich wird.


Fig. 680.

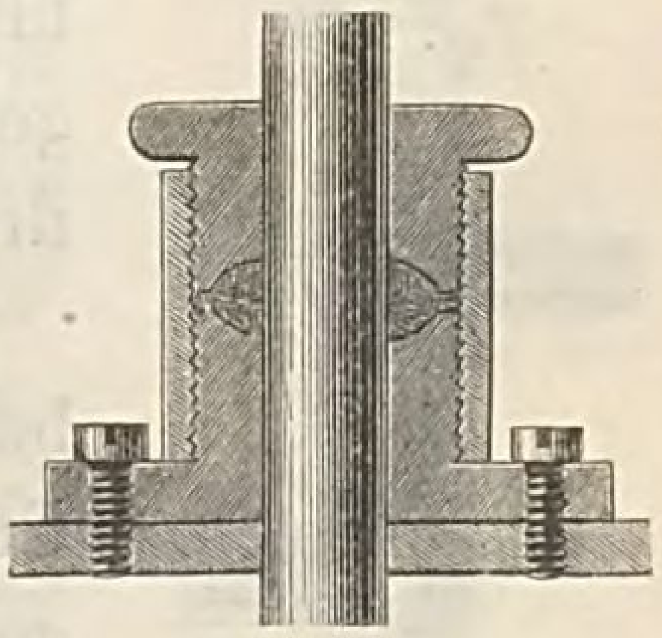
9) **Stopfbüchse mit Manschetten.** Anstatt den Kolben mit Manschetten zu versehen, kann man diese, wie die Figur 680 zeigt, auch an der Cylinderwandung anbringen. Die Vorrichtung wird dadurch zur Stopfbüchse und der Kolben, der nun gleiche Dicke besitzt, wie die Kolbenstange, zum Plungerkolben. Bei einfach wirkenden Pumpen gewährt die Construction den Vortheil, dass die sonst nöthigen getrennten Dichtungen an Kolben und Cylinderdeckel auf eine einzige reducirt werden. Stopfbüchsen finden ferner überall da Anwendung, wo eine cylindrische Stange (Achse) dichtschließend durch eine Oeffnung hindurch geführt werden soll. Eine eigenthümliche Construction eines Plungerkolbens besteht in der Anwendung eines sehr langen dünnen Drahtes, welcher sich abwechselnd auf einen innerhalb und auf einen außerhalb des Cylinders befindlichen Haspel aufrollt.


Fig. 681.

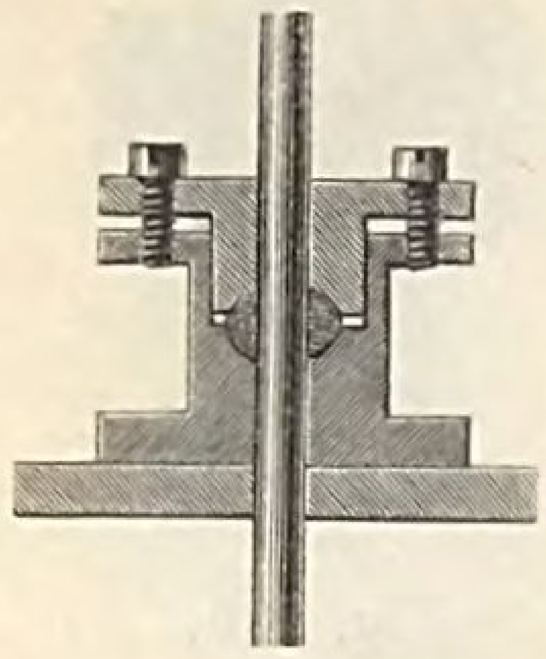
10) **Stopfbüchse mit Lederring.** Bei sehr großen Plungerkolben, z. B. bei den Druckkolben der hydraulischen Pressen, dient zur Dichtung ein in eine Rinne eingelassener, ähnlich wie eine Manschette aus einem Stück gedrückter Lederring von U-förmigem Querschnitt. Je stärker der Druck, um so dichter legt sich derselbe gegen die Wandung der Rinne und gegen den Kolben an, ohne die Bewegung des letzteren allzusehr zu erschweren.


Fig. 682.

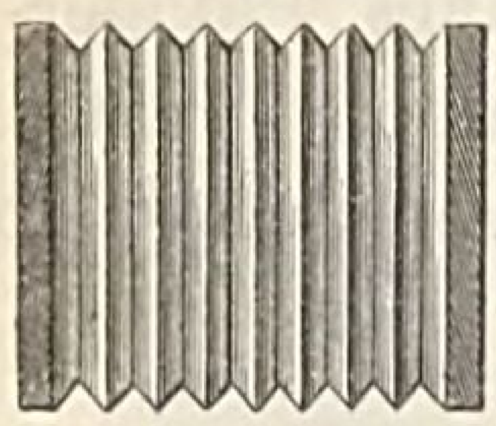
11) **Stopfbüchse mit Hanfdichtung.** Für kleinere Stopfbüchsen genügt meist einfache Hanfdichtung, ja für sehr kleine und solche, die höhere Temperatur auszuhalten haben, ist sie sogar die einzige brauchbare. Der Hanf wird in Form eines Ringes um die Stange umgewunden, in die dafür bestimmte Vertiefung eingedrückt und nun mittels Ueberwurfschraube oder Flantsche kräftig angepresst.


Fig. 683.

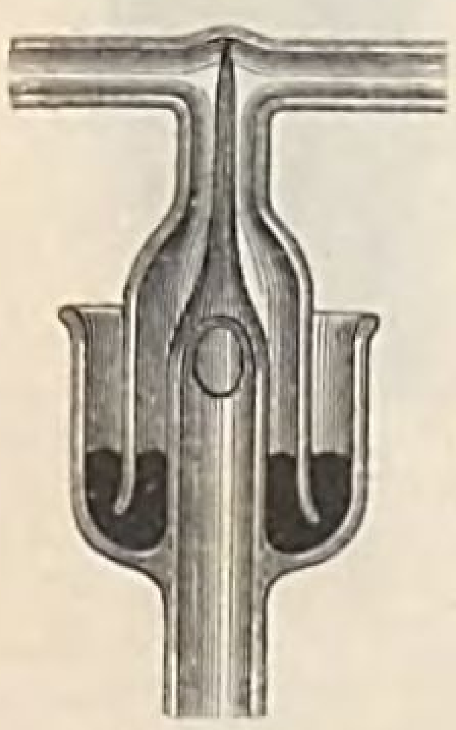
12) **Stopfbüchse mit Muffenverbindung.** An Stelle einer Ueberwurfschraube kann auch ein in eine Muffe eingeschraubter Stopfen dienen, wie aus der nebenstehenden Figur zu ersehen. Die Vorrichtung ist weder besser noch einfacher als die vorige, aber zuweilen aus vorhandenem Material leichter herzustellen.


Fig. 684.

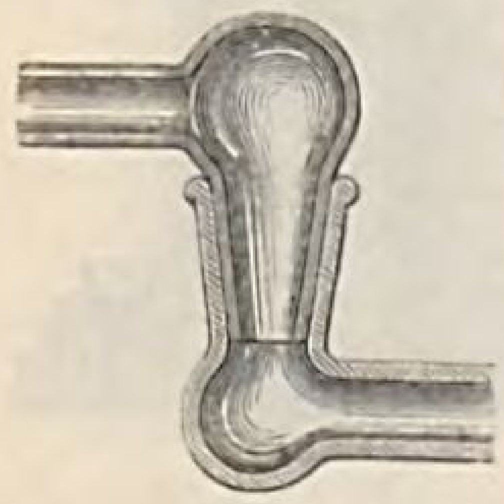
13) **Stopfbüchse mit Flantsche.** Einfacher ist die Herstellung der nebenstehenden Stopfbüchse, deren Stopfen mittels Flantsche und Kopfschrauben oder Schraubbolzen mit Muttern angezogen wird. Sie gewährt ferner noch den Vortheil, dass durch das Umdrehen des Stopfens, wie es bei den beiden vorigen Constructionen nöthig war, eine Störung der Hanflagen nicht möglich ist. Für sehr große Stopfbüchsen kann man statt der Hanfdichtung auch solche aus Metalldraht verwenden, die im Handel zu beziehen ist.


Fig. 685.

14) **Blasebalgauszug.** Der Verschluss ist nur wenig dicht und Ueberdruck nur in geringem Maße zulässig, die Herstellung dagegen sehr einfach. Man verbindet zwei rechteckige congruente Platten durch eine prismatische Röhre aus Leder, schiebt in gleichem Abstande von einander gleichgeformte Rechtecke aus Draht ein und faltet nun das Leder derart, dass man die Mittellinien zweier gegenüberstehender Streifen zwischen zwei Rechtecken durch Einschieben eines Falzbeins oder dergl. einfach eindrückt und die Knickung der beiden andern Streifen dabei so regulirt, dass sie sich der vorigen anschmiegt, also von jeder Ecke aus eine Knickungslinie nach der Mittellinie zuläuft. Hierauf beklebt man alle größeren Flächen mit steifem Papier so weit, dass nur die Knickungslinien frei bleiben und fortan als Charniere dienen. Bei stärkeren Blasebälgen wird das Papier durch Brettstücke ersetzt, das Leder überhaupt nur an den Kanten und Ecken beibehalten. Analoge Auszüge aus dünnem Kupferblech kommen bei Druckregulatoren zur Anwendung. In manchen Fällen, wie z. B. beim Aneroidbarometer, genügt eine mit concentrischen Wellen versehene Verschlussplatte.


Fig. 686.

15) **Drehbares Rohr.** Ein Theil einer Rohrleitung kann dadurch beweglich gemacht werden, dass man denselben sich auf einer Spitze drehen lässt und den dichten Anschluss an die feste Leitung durch Wasser- oder Quecksilberabsperrung bewirkt. Das Rohr wird hierdurch zwar sehr leicht beweglich, der Verschluss gestattet aber keinen beträchtlichen Ueber- oder Unterdruck.


Fig. 687.

16) **Drehbares Rohr mit Schliffverbindung.** Drehbare Verbindungen von Rohrleitungen, welche starken Unterdruck aushalten sollen, werden als Schliffe hergestellt. Durch Anbringen eines mit sehr zähflüssigem Oel oder Quecksilber gefüllten Trichters könnte man

dafür sorgen, dass auch bei vielfacher Benutzung die Dichtung erhalten bleibt. Allerdings müsste dann eine sackartige Erweiterung angebracht werden, welche etwa eingedrungenes Oel auffängt.

17) **Gasröhrengelenk.** Für Röhrenleitungen aus Metall bedient man sich zweckmäßig der für bewegliche Gasbrenner bestimmten, im Handel fertig zu erhaltenden Gelenke. Das eine Rohr besitzt eine senkrecht angesetzte conische Hülse, in welche ein gleichfalls rechtwinklig angesetzter Zapfen des andern einpasst. Durch eine ringförmige, an ihrer Basis mehrfach durchlöcherte Rinne kann das Gas in das Innere des Zapfens einströmen. Derselbe wird mittels Schrauben und Unterlegscheibe befestigt. Letztere ist durch ein Vierkant gegen Drehung gesichert.

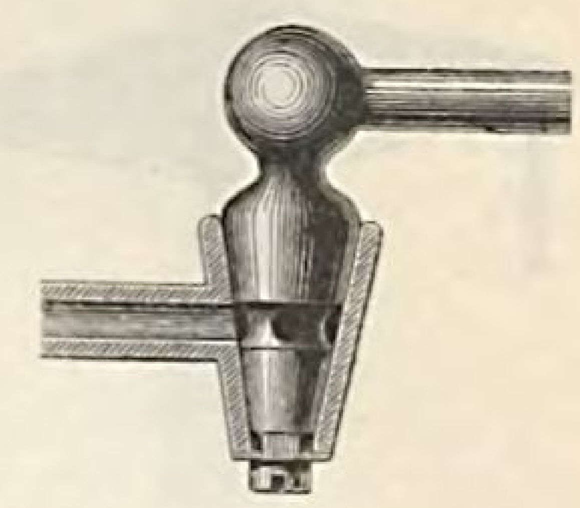


Fig. 688.

18) **Kugelgelenk.** Aehnlich wie Stäbe durch ein Kugelgelenk in beliebiger Richtung beweglich gemacht werden können, so auch Röhren. Die eine derselben erhält eine kugelförmige Verdickung und die Mündung wird trichterartig in dem Maße erweitert, dass auch bei der äußersten Biegung, welche das Gelenk zulässt, noch ungehindertes Durchströmen der Flüssigkeit möglich ist.

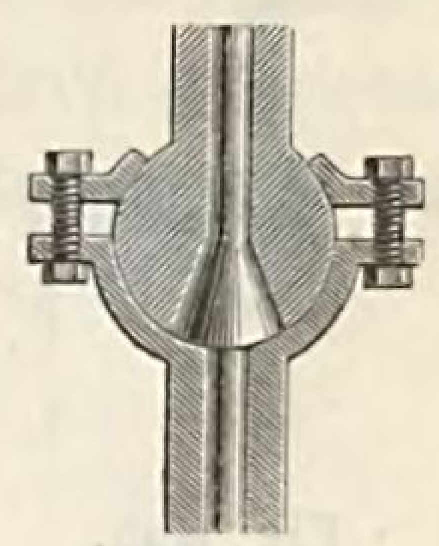


Fig. 689.

19) **Kundt'sche Glasfeder.** Sind mehrere Apparate durch unmittelbar verlöthete Glasröhren zu verbinden, so erfolgt bei Erschütterung eines derselben, wie sie während der Benutzung der Apparate schwer oder nicht zu vermeiden ist, sehr leicht ein Bruch. Um diesem vorzubeugen, fügt man an einer Stelle eine in nebenstehender Weise gebogene Glasröhre in die Leitung ein. Bei nicht zu geringen Dimensionen gestattet sie auch das Lösen eines in die Leitung eingeschalteten Schliffs, ohne dass es nöthig wäre, an einer Stelle ein Gelenk oder ein biegsames Verbindungsstück anzubringen.



Fig. 690.

20) **Spiralglasfeder.** Dieselbe hat den gleichen Zweck wie die vorige, gestattet eine etwas mehr symmetrische und compendiöse Anordnung der Apparate, ist aber schwieriger herzustellen und deshalb für gewöhnliche Versuchsapparate weniger zweckmäßig als die vorige. Um starke Federung zu erhalten, nehme man möglichst enge Röhren und wähle den Radius der Windungen sehr groß. Jedenfalls gehe man in dieser Hinsicht eher zu weit, da durch innere Spannungen im Glase nicht selten schon bei geringer Beanspruchung ein Bruch erfolgt.

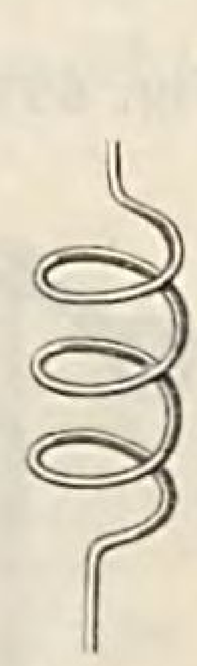


Fig. 691.

XX. Transmissionen.

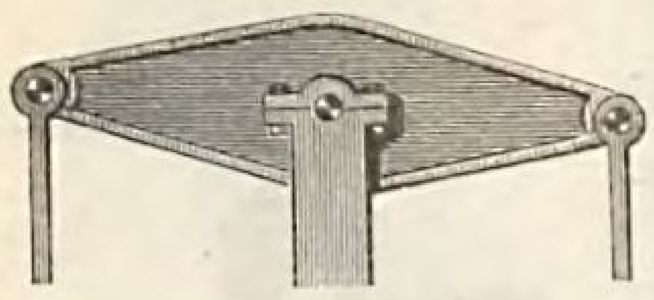


Fig. 692.

1) **Wagebalken.** Der zweiarmige Hebel dient als Balancier bei verschiedenen Maschinen und Apparaten zur Uebertragung einer hin- und hergehenden Bewegung in umgekehrter Folge auf einen anderen Körper. Der größeren Widerstandsfähigkeit halber wird derselbe gewöhnlich nicht in Form eines einfachen Stabes, sondern als sehr schlanker Rhombus ausgeführt, der häufig, um das Gewicht zu vermindern, gitterartig durchbrochen ist oder, wenn nöthig, durch senkrecht zur Ebene angesetzte Leisten verstärkt wird. Zuweilen wird auch noch in der Mitte eine verstärkende Rippe angebracht

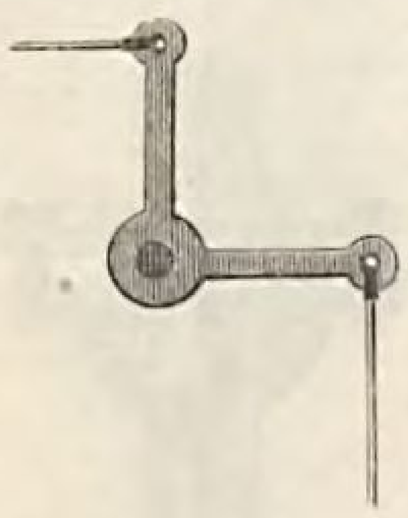


Fig. 693.

2) **Winkelhebel.** Derselbe dient zur Umsetzung einer Zugrichtung in eine dazu senkrechte oder unter beliebigem Winkel geneigte. Ist die Beanspruchung beträchtlich, so werden die beiden Schenkel noch durch einen Bogen mit einander verbunden oder ein undurchbrochener Kreissector verwendet.

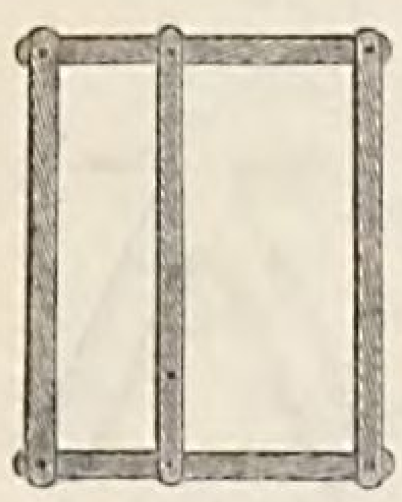


Fig. 694.

3) **Storchschnabel.** Die 5 Stäbe, aus welchen derselbe besteht, sind durch Gelenke mit einander verbunden. Wird der linke untere Eckpunkt des Rahmens festgehalten und der diagonal gegenüberliegende längs einer beliebigen Curve bewegt, so beschreibt ein auf der Diagonale liegender Punkt der inneren Leiste eine dazu geometrisch ähnliche kleinere Curve. Die als Spielzeug bekannte »Nürnberger Schere« schließt sich ebenfalls hier an. Dieselbe bewirkt die Verwandlung einer kleinen Verschiebung in eine dazu senkrechte große.

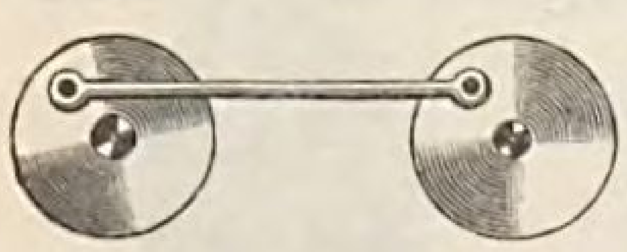


Fig. 695.

4) **Kuppelstange für Räder.** Werden zwei Räder in gleichem Abstande vom Mittelpunkt mit Zapfen versehen und diese Zapfen durch eine Stange, deren Länge der Entfernung der Mittelpunkte gleichkommt, beweglich mit einander verbunden, so werden dadurch die Räder genöthigt, sich in genau gleicher Weise zu bewegen.



Fig. 696.

5) **Kuppelstange für Kurbeln.** Sind zwei Achsen, welche an ihren Enden keine Räder tragen, durch eine Kuppelstange zu verbinden, so ist es natürlich unnöthig, vollständige Räder anzubringen, es genügt von jedem Rad eine den Zapfen tragende Speiche. Die so übrig bleibenden Reste werden Kurbeln genannt. Eine Kuppelstange kann auch dann noch verwendet werden, wenn

die Achse wenig über die Kurbel vorsteht, indem man eine entsprechende Ausbiegung an der Stange anbringt oder die Kurbelzapfen hinreichend groß macht.



Fig. 697.

6) **Riementransmission.** Wird gleichmäßige Kraftübertragung von einer Achse zu einer andern verlangt, so bedient man sich in der Regel der auf Riemenscheiben laufenden endlosen Riemen. Die Verbindung der Riemen erfolgt durch Verleimen, Zusammennähen oder Zusammenfügen mittels verschieden gestalteter Haken oder Schrauben, die im Handel fertig zu beziehen sind. Der Umfang der Riemscheiben ist nicht genau cylindrisch, sondern etwas convex, um das Abgleiten der Riemen zu hindern. Die Achsen müssen natürlich genau parallel sein und die Riemenscheiben einander direkt gegenüberstehen. Um die Reibung der Riemen zu erhöhen, gibt man zeitweise Colophoniumpulver und altes Oel auf. Durch gekreuzte Riemen kann man die Rotation in umgekehrtem Sinne übertragen. Kurze Riemen sind nicht hinreichend elastisch und deshalb unvortheilhaft.

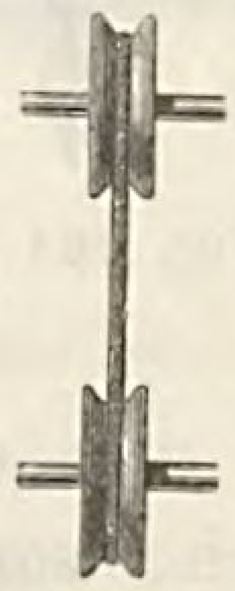


Fig. 698.

7) **Saitentransmission.** Zur Uebertragung geringer Kräfte genügen Darm- oder Ledersaiten oder auch einfache Schnüre. Die Verbindung geschieht mittels der früher erwähnten aufgeschraubten Schlösschen. Schnüre werden an den Enden zuerst vernäht, um ein Aufdrehen unmöglich zu machen, dann mit Harzkitt durchtränkt und in die erwärmten Schlösschen eingeschraubt. Unter den Ledersaiten sind diejenigen vorzuziehen, welche nicht durch Vernähen einzelner Stücke, sondern durch spiralförmiges Zerschneiden einer großen Lederhaut erhalten wurden. Sind Hanfschnüre locker geworden, so können sie durch Benetzen wieder straff gespannt werden. Durch Beifügung von Zwischenrollen, welche den Schnüren andere Richtung geben, kann sehr leicht die Drehung auch auf eine Rolle übertragen werden, deren Ebene unter beliebigem Winkel gegen die erste geneigt ist. Um auch größere Kräfte übertragen zu können, wendet man mehrere Schnüre nebeneinander an, versieht also entsprechend die Rollen mit mehreren Rinnen.

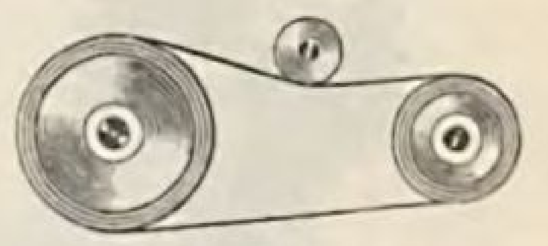
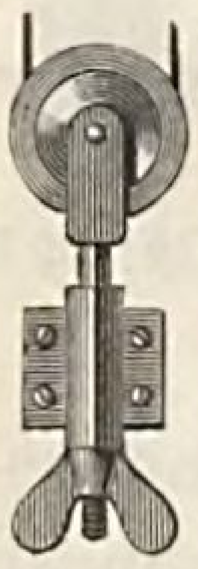


Fig. 699.

8) **Spannrolle.** Es ist zweckmäßig, die Riemen, falls der Apparat längere Zeit nicht gebraucht wird, zu entlasten und nur im Gebrauchsfalle anzuspannen. Durch den Gebrauch werden ferner die Riemen länger, so dass man entweder durch Abschneiden die frühere Spannung wieder herstellen oder die Mittelpunkte der Achsen weiter entfernen muss. Bequemer ist deshalb das Anbringen einer verschiebbaren Spannrolle, wie es Fig. 699 andeutet. In manchen Fällen ist es

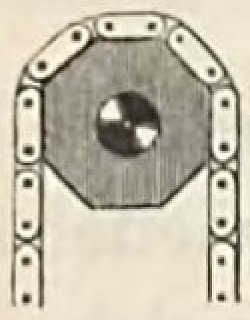
zweckmäßig, durch Beifügen von Zwischenrollen eine hängende Schleife aus der (hinreichend lang genommenen) Schnur zu bilden und in diese die Spannrolle als lose Rolle mit angehängtem Gewicht einzuhängen. Die Entfernung der treibenden und getriebenen Rolle lässt sich dann innerhalb entsprechender Grenzen ändern, ohne dass die Kraftübertragung eine Unterbrechung erleidet.


Fig. 700.

9) **Rolle zum Nachstellen.** Soll die Spannung einer Schnur oder Saite durch Nachstellen regulirt werden, so wird entweder der ganze Apparat, welcher die eine Rolle trägt, längs einer Geradführung, eventuell mittels Schraube, verschoben, oder wenn möglich nur die Rolle. Die Schere der letzteren erhält dann einen vierkantigen, in einer entsprechenden befestigten Hülse verschiebbaren und am Ende mit einer Schraube mit Mutter versehenen Fortsatz.


Fig. 701.

10) **Kettentransmission.** Bei größeren Ansprüchen hinsichtlich der Tragfähigkeit oder Haltbarkeit von Transmissionen verwendet man an Stelle der Schnüre und Seile Ketten. Die Rollen erhalten dann den Gliedern der Kette entsprechende Einkerbungen, so dass die Kette also nicht allein durch Reibung, sondern direkt durch diese Eingriffe mitgeführt wird. Ein Gleiten auf der Rolle, wie es bei Riemen und Saiten häufig auftritt, ist also hier nicht möglich, somit auch die relative Umdrehungsgeschwindigkeit constant.


Fig. 702.

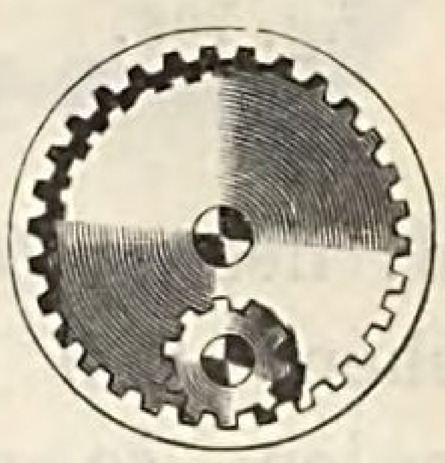
11) **Laschenkettentransmission.** Die Glieder einer gewöhnlichen Kette können sich bei stärkerer Belastung erheblich verlängern. Bei kleineren Ketten ist es außerdem schwer, die Glieder gleichmäßig anzufertigen, da sie, falls größere Sicherheit erzielt werden soll, nicht einfach wie Uhrketten zusammengebogen, sondern geschweißt oder gelöthet werden müssen. Bei feineren Apparaten sowie bei großen Maschinen wird daher die Laschenkette zur Kraftübertragung vorgezogen.


Fig. 703.

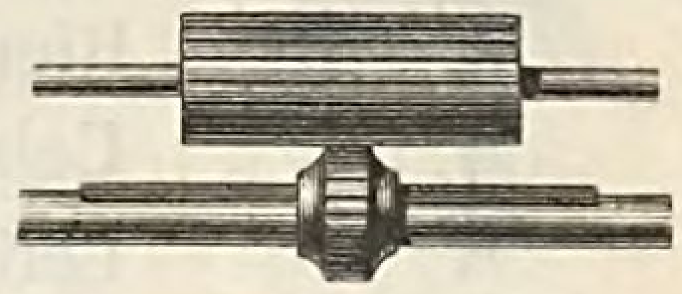
12) **Zahnrad mit Trieb.** Bei Rädern, welche sich hinreichend nahe stehen, wird die Uebertragung in der Regel dadurch bewirkt, dass man die Radkränze entsprechend verzahnt und die Zähne in einander eingreifen lässt. Kleinere Zahnräder, Triebe, werden häufig aus Triebstahl, d. h. Stahlstangen, deren Querschnitt ein Zahnrad darstellt, verfertigt, indem man nur in der Mitte die Rippen stehen lässt, die Enden dagegen zu Zapfen rund dreht. Bei Uhrrädern werden ferner Triebe häufig auch

dadurch hergestellt, dass man zwei längs ihres Umfangs mit gleichweit abstehenden correspondirenden Löchern versehene Scheiben auf einer Achse befestigt und in die Bohrungen Stahldrahtstückchen eintreibt, welche dann die Stelle der Zähne vertreten.

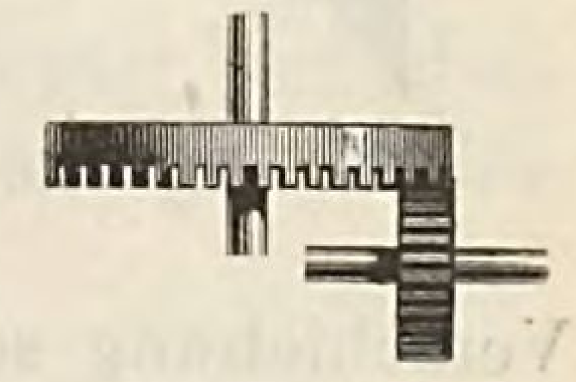
13) **Zahnrad mit innerer Verzahnung.** Stehen die Achsen zweier Zahnräder zu nahe, um die gewünschte Uebersetzung erzeugen zu können, so kann man ein drittes Rad zu Hülfe nehmen, in welches man beide zugleich eingreifen lässt, oder auch ein ganzes System von Rädern. Häufig kann auch die in der Figur dargestellte innere Verzahnung zur Anwendung kommen. Sie bietet den weiteren Vortheil, dass die Zähne nach außen verdeckt sind, so dass sich weniger leicht Staub und fremde Körper dazwischen einklemmen. Namentlich bieten sie in dieser Hinsicht auch Schutz gegen Verletzung bei unvorsichtiger Annäherung.


Fig. 704.

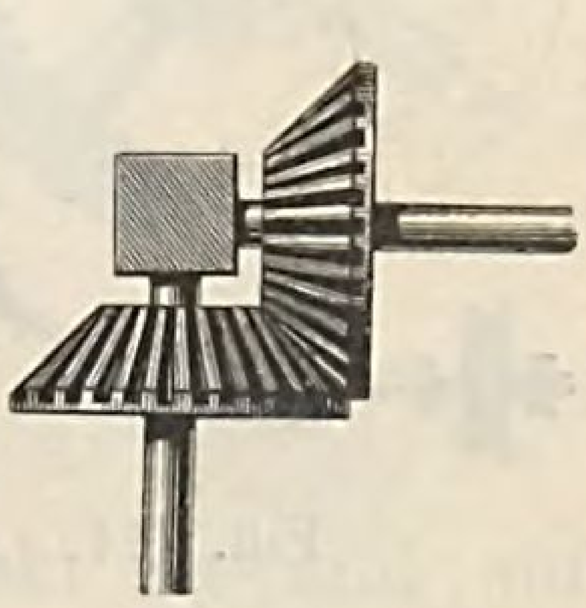
14) **Verschiebbares Zahnrad.** Sollen zwei durch Zahnräder verkuppelte Achsen längs ihrer Richtung verschiebbar sein, so vergrößert man das eine der beiden Räder zu einer gezahnten Walze, oder man schiebt es nur lose auf die Achse auf und versieht letztere mit einem in die Nuth des Rades eingreifenden Prisma, welches hinreichend lang ist, um bei jeder möglichen Stellung der Achse das Rad mitzunehmen. Letzteres muss dann durch eine umschließende Gabel und dergl. an seinem Orte festgehalten werden. Die Figur zeigt beide Methoden gleichzeitig.

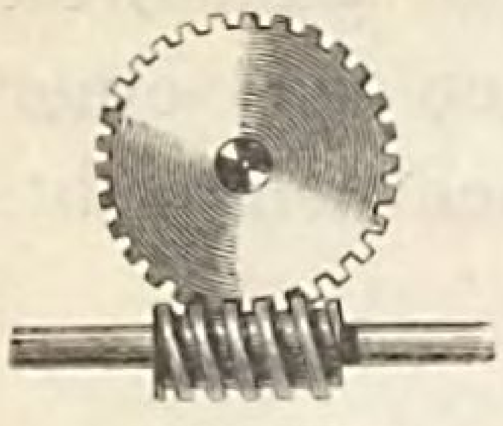

Fig. 705.

15) **Kron- und Stirnrad.** Um Uebertragung der Umdrehung im Winkel zu ermöglichen, erhält das größere der beiden Zahnräder einen cylindrischen Zahnkranz. Diese Uebertragungsweise eignet sich besonders dann, wenn ein sehr kleines Stirnrad in ein relativ sehr großes derartiges Kronrad eingreift. Bei großen Rädern werden die Zähne des Kronrads gewöhnlich als Zapfen in eine Scheibe eingesetzt.

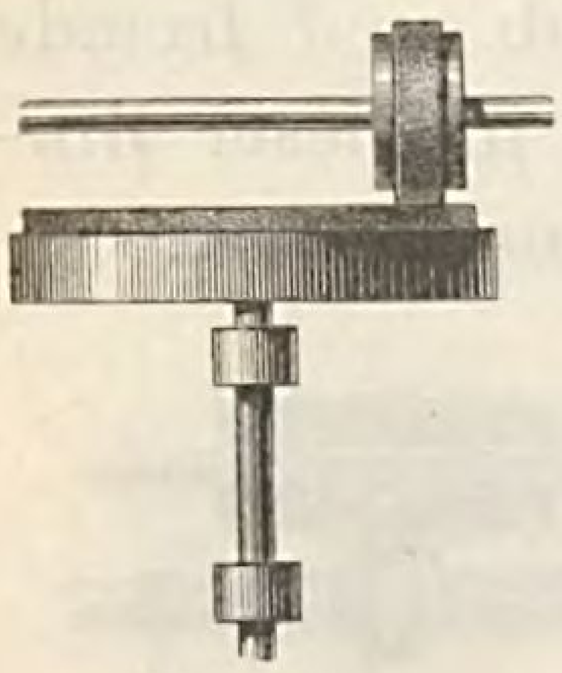

Fig. 706.

16) **Kegelräder.** Bei gleich großen und namentlich kleinen Rädern erfolgt die Uebersetzung im Winkel, indem man die Räder conisch verzahnt. Selbst bei beliebig schief zu einander stehenden Achsen lässt sich durch entsprechend geschnittene Kegelräder eine Uebertragung bewirken, auch dann, wenn die Achsen nicht in einer Ebene liegen. Die Oberflächen solcher Räder stellen im allgemeinen zwei sich in einer Geraden berührende Hyperboloide dar.

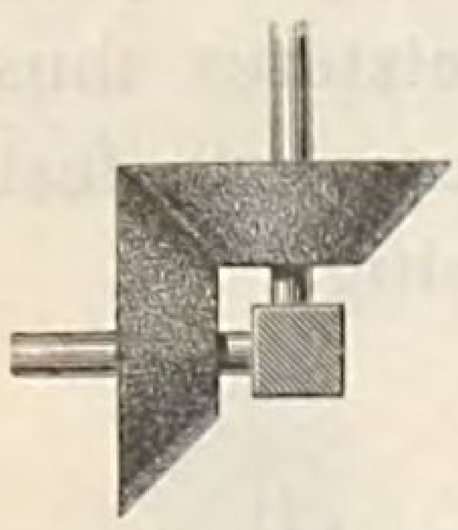

Fig. 707.


Fig. 708.

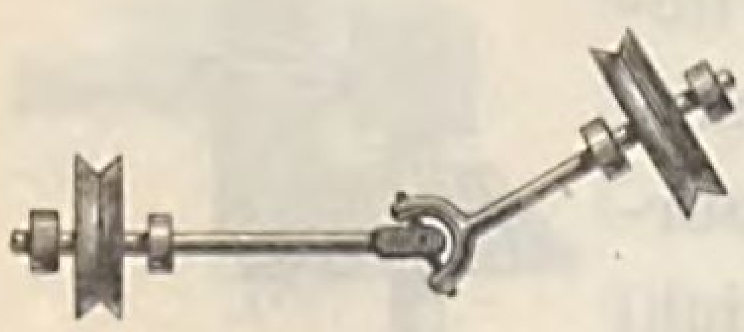
17) **Wurmschraube.** Einen extremen Fall der Uebertragung im Winkel bei nicht in einer Ebene liegenden Achsen stellt die Combination von Zahnrad mit Schraube ohne Ende dar. Zur Herstellung fertigt man sich eine genau gleiche Schraube ohne Ende aus Stahl, bildet dieselbe durch Einfeilen von Zähnen und Härten zur Fräse aus und schneidet damit das Zahnrad, dessen Zähne also der Steigung der Schraube entsprechend schief stehen. Soll die Bewegung vom Rade auf die Schraube übertragen werden, so muss die Steigung der letzteren hinreichend groß sein, damit die Reibung überwunden werden kann.


Fig. 709.

18) **Frictionsscheibe.** Soll sich die Geschwindigkeit der Bewegung bei der Uebertragung nach Wunsch ändern lassen, so versieht man die Achsen mit entgegengesetzt stehenden schlank conischen Walzen an Stelle der Riemenscheiben und fixirt die Stellung des Riemens durch eine verschiebbare Gabel. Erfolgt die Uebertragung im Winkel, so kann man auch eine mit Leder oder Kautschuk bedeckte Frictionsscheibe verwenden und an dieselbe eine verschiebbare, kleine, ebenfalls mit Leder oder Kautschuk bekleidete Rolle andrücken.


Fig. 710.

19) **Frictionskegelräder.** Auch Kegelräder werden häufig durch lederbekleidete Frictionsräder ersetzt. Wird die eine Achse etwas verschoben, so dass der Contact aufhört, so ist die Kraftübertragung momentan unterbrochen, was für manche Zwecke von großem Vortheil ist. Würde diese Achse verlängert und am Ende mit einer zweiten Frictionsscheibe versehen und nun die Verschiebung so weit vorgenommen, dass diese zweite Frictionsscheibe in Contact kommt, so würde Kraftübertragung im entgegengesetzten Sinne stattfinden. Würde die Drehung z. B. dazu dienen, die Spindel einer Schraubenpresse zu bewegen, so könnte man durch Verschieben der Achse die Presse auf- oder zuschrauben, oder auch ganz außer Gang setzen.


Fig. 711.

20) **Transmission mit Universalgelenk.** Sind zwei zu verkuppelnde Achsen nur unter geringem Winkel geneigt, so bedient man sich gewöhnlich eines Universalgelenks zur Verbindung. Dasselbe bietet den großen Vortheil, dass der Winkel der beiden Achsen wenigstens innerhalb gewisser Grenzen geändert werden kann. Wenn nöthig, kann man zwei und mehr Universalgelenke einfügen.

21) **Biegsame Welle.** Bei geringen Kräften genügt schon ein dickwandiger Kautschukschlauch zur Uebertragung der Bewegung. Die Achsen können dabei ganz beliebig gestellt sein, und auch der Schlauch kann eine beliebige Curve bilden. Für stärkere Kräfte benutzt man biegsame, aus Leder verfertigte Wellen, welche häufig im Innern eine Spirale aus starkem Stahldraht erhalten. Sie finden besonders dann Anwendung, wenn die eine Achse überhaupt keine feste Lage besitzt, sondern etwa in der Hand gehalten und je nach Bedürfnis nach einem beliebigen Punkte gerichtet werden soll.

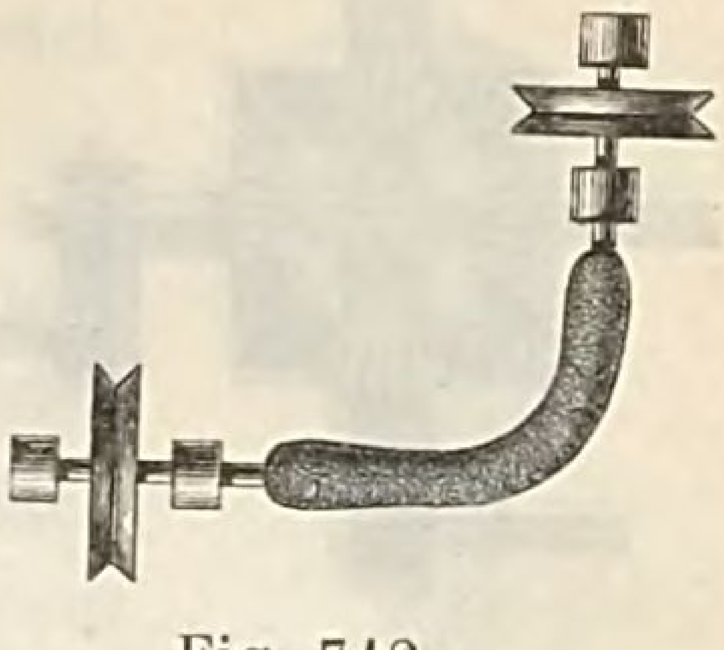


Fig. 712.

22) **Drehbankvorgelege.** Die in der Figur im Durchschnitt gezeichnete, links mit einem Schnurlauf, rechts mit einem Zahnrad versehene Hülse ist lose auf die Achse gesteckt und überträgt ihre Bewegung zunächst auf die zweite Achse, deren kleines Triebrad sie dann erst der andern Achse mittheilt, so dass sich dieselbe also beträchtlich langsamer bewegt als die aufgeschobene Hülse.

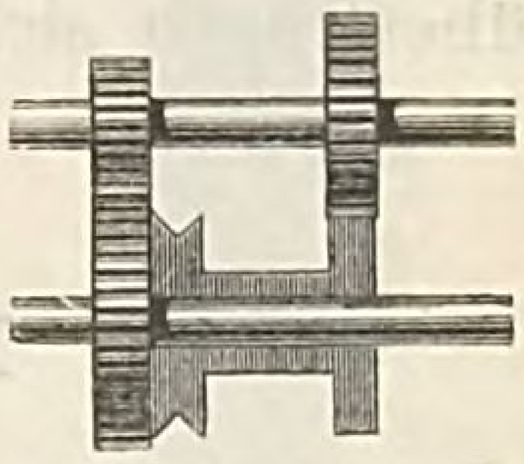


Fig. 713.

23) **Planetenrad.** Ein Rad, dessen Achse nicht fest gelagert, sondern selbst beweglich ist, heißt ein Planetenrad. Ein einfacher Fall eines solchen ist der, dass sich das Rad auf dem Kranze eines andern abwälzt, indem hier der Mittelpunkt sich um das Centrum des feststehenden Rades dreht. Eine solche Vorrichtung könnte z. B. als Guillochirwerk dienen. Bei dem Ovalwerk der Drehbänke bewegt sich der Mittelpunkt des abzudrehenden Stücks während jeder Umdrehung mittels Excenter getrieben einmal hin und her, so dass das abgedrehte Stück nicht wie gewöhnlich runden, sondern elliptischen Querschnitt erhält.

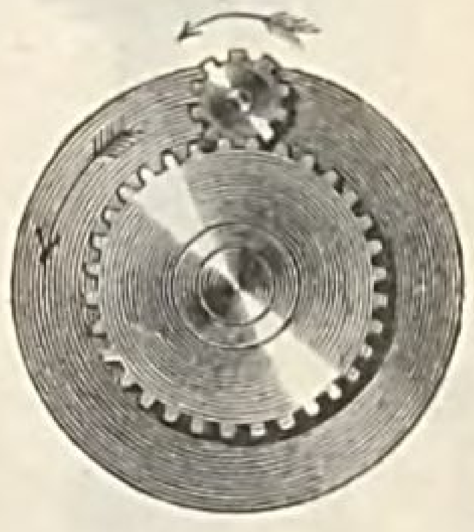


Fig. 714.

24) **Differentialgetriebe mit Satellitenrad.** Das kleine Triebrad der Figur wälzt sich auf den beiden entgegengesetzt rotirenden größeren Zahnrädern ab und setzt dadurch den beweglichen Arm, an dem es befestigt ist, und damit die Achse, auf welche die anderen Räder nur lose aufgeschoben sind, mit in Bewegung, und zwar im einen oder anderen Sinne, je nachdem das äußere oder innere Rad langsamer (oder auch gar nicht) rotirt. Das große, innen verzahnte Rad kann auch durch ein kleineres, außen verzahntes ersetzt werden, welches hinter dem andern angebracht ist und auf welchem ein zweites Triebrädchen sich wälzt, welches auf die gleiche Achse wie das erste fest aufgesetzt ist.

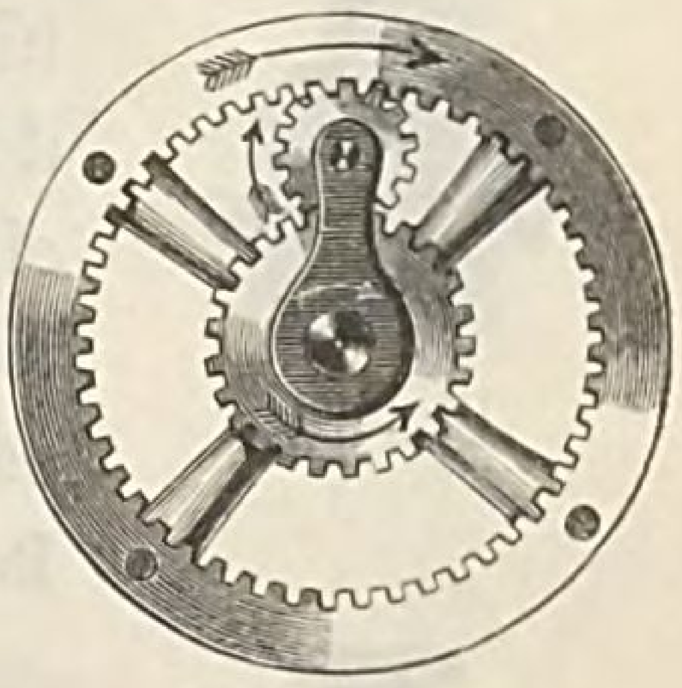
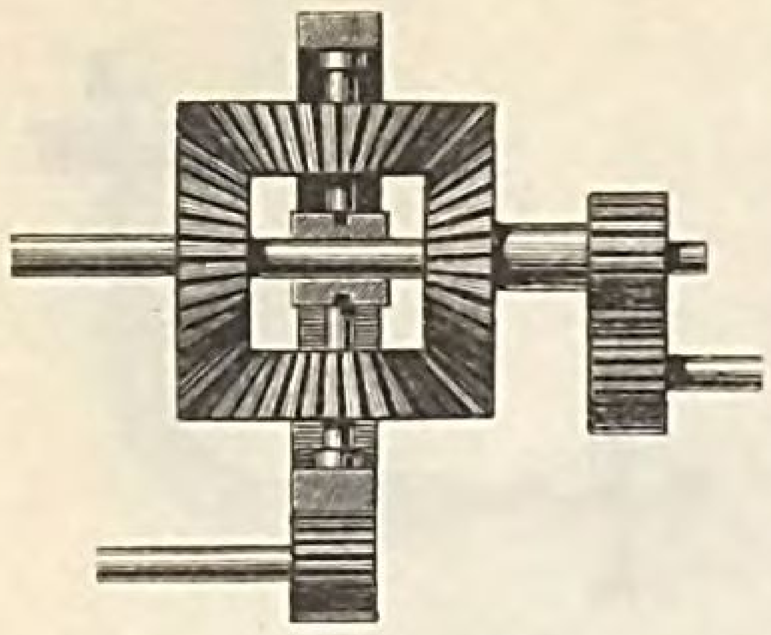
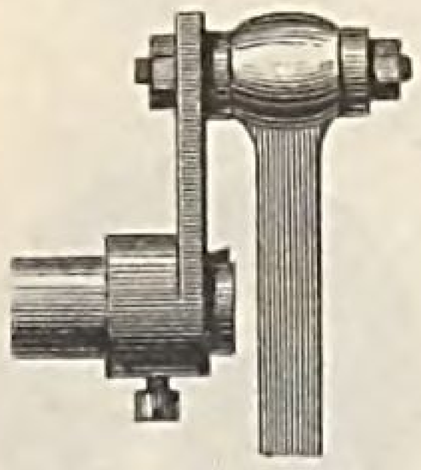


Fig. 715.


Fig. 716.

25) **Differentialgetriebe.** Ein größeres Zahnrad, in der Figur im Durchschnitt gezeichnet, ist auf eine Achse lose aufgesetzt und kann durch den unten gezeichneten Trieb bewegt werden. Zwei gegenüberstehende Speichen desselben sind beweglich und bilden die Achsen zweier Kegelräder, welche in zwei andere Kegelräder eingreifen, von welchen eins fest auf der Achse angebracht ist, das andere auf einer losen Hülse, welche ihrerseits mittels eines Triebes die untere Achse rechts in Bewegung setzen kann. Dienen nun die beiden Wellen links als treibende Wellen, so setzen sich deren Bewegungen in leicht zu berechnender Weise zusammen und übertragen sich auf die getriebene Welle rechts.

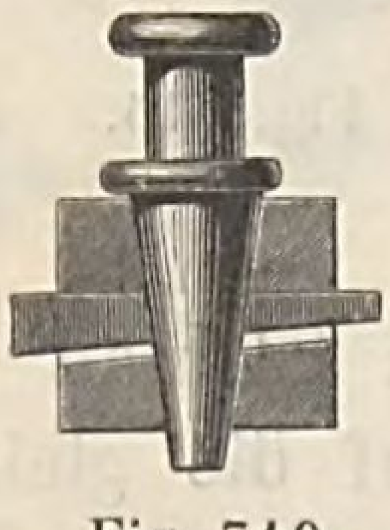
XXI. Kurbelmechanismen und Pumpen.


Fig. 717.

1) **Stirnkurbel.** Die im vorigen Abschnitt besprochenen Mechanismen ermöglichen die Uebertragung einer geradlinigen oder rotirenden Bewegung, die nun zu beschreibenden bezwecken eine Verwandlung geradliniger Bewegung in rotirende oder strömende und umgekehrt. Die Kurbel speziell verwandelt Drehung in hin und hergehende Bewegung. Im einfachsten Falle wird die Achse durch Schmieden zweimal rechtwinklig gebogen, oder ein seitlicher Arm mit Zapfen angelöthet. Bei sorgfältiger construirten Apparaten wird die Kurbel für sich gefertigt und wie eine Scheibe aufgekeilt oder mittels Stellschraube befestigt.


Fig. 718.

2) **Angeschraubter Kurbelzapfen.** Wird ein grösserer Kurbelzapfen eingeschraubt, so erhält derselbe nicht allein eine Gegenmutter, sondern diese wird außerdem durch zwei seitlich eingetriebene Schrauben oder einen vorgesteckten Splint mit umgebogenen Enden gesichert. Zweckmäßig erhält dabei die Mutter einen Ansatz, welcher in eine entsprechende Versenkung der Bohrung einpasst, wie es die Figur zeigt.


Fig. 719.

3) **Angekeilter Kurbelzapfen.** Bei langsam laufenden, ruhig gehenden größeren Kurbeln genügt zur Befestigung des Kurbelzapfens meist ein einfacher Keil. Der Zapfen wird schlank conisch gedreht, in die genau passende Bohrung eingesetzt und durch einen Schlitz ein schlanker Keil durchgetrieben. Das dünne Ende

des letzteren kann cylindrisch gedreht, mit einem Gewinde und Mutter versehen werden, so dass auch noch hierdurch die Verbindung gesichert ist.

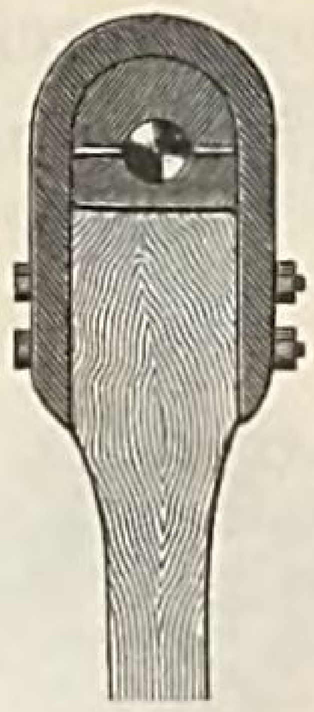


Fig. 720.

4) **Pleuelstangenkopf.** Die Oese der Pleuelstange, in welcher sich der Kurbelzapfen dreht, ist entweder einfach gebohrt oder mit Messing ausgefüttert oder nach Art eines zweischaligen Lagers gestaltet. In letzterem Fall werden die beiden Lagerhälften durch einen übergelegten und festgeschraubten Bügel gehalten.

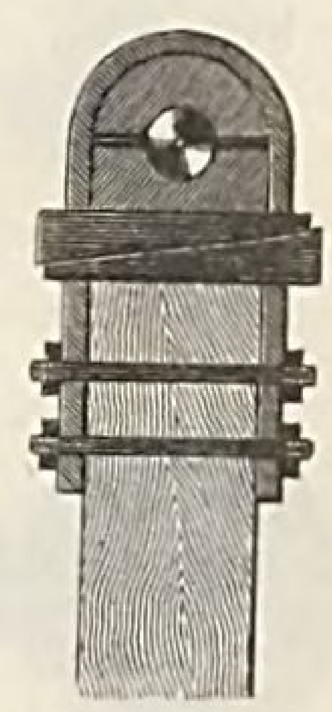


Fig. 721.

5) **Nachstellbarer Pleuelstangenkopf.** Durch längeren Gebrauch werden die beiden Lagerschalen ausgeschliffen, so dass man dieselben nachstellen muss, falls der Kurbelmechanismus ruhig und sicher wirken soll. Bei größeren Kurbeln dient hierzu ein eingeschobener Keil oder deren zwei in entgegengesetzter Lage. Die Fuge zwischen den beiden Lagerhälften wird durch eine Anzahl aufeinander gelegter Blechstreifen ausgefüllt, da andernfalls die Achse beim Anziehen der Keile festgeklemmt würde.

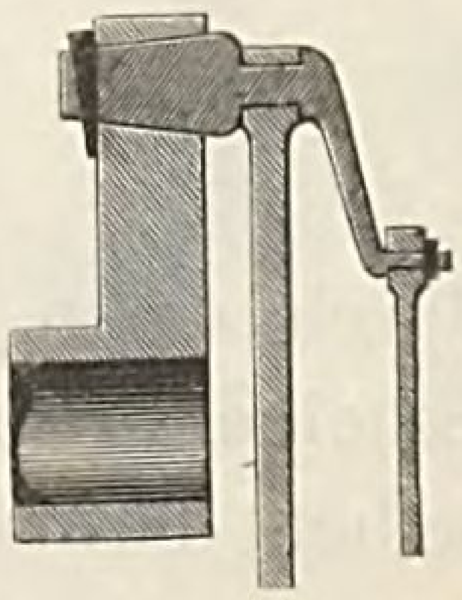


Fig. 722.

6) **Gegenkurbel.** Mit dem Zapfen einer Kurbel kann ein kleiner weniger beanspruchter Zapfen, welcher der Achse näher steht, in Verbindung gebracht werden, der seinerseits eine zweite Pleuelstange in Bewegung setzt, so dass gewissermaßen eine doppelte Kurbel entsteht. Die kleinere in dieser Weise angesetzte Kurbel heißt Gegenkurbel.



Fig. 723.

7) **Krummachse.** Soll eine Pleuelstange nicht vom Ende einer Achse aus, sondern von irgend einem innern Theil derselben ihren Antrieb erhalten, so wird daselbst eine Ausbiegung, Kröpfung, angeschmiedet. Eine solche Achse heißt deshalb auch gekröpfte Welle. Die Pleuelstange erhält, falls sie nur wie bei einer Tretvorrichtung einseitig wirken soll, keinen besondern Kopf, sondern nur einen Haken.

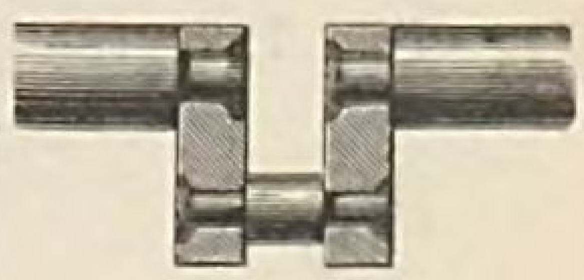
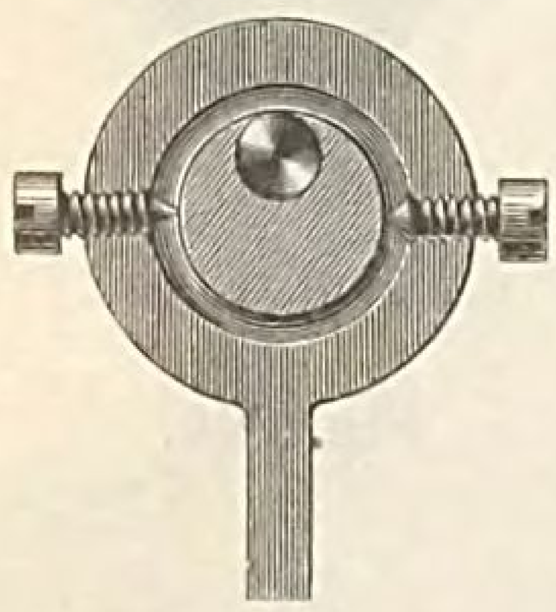


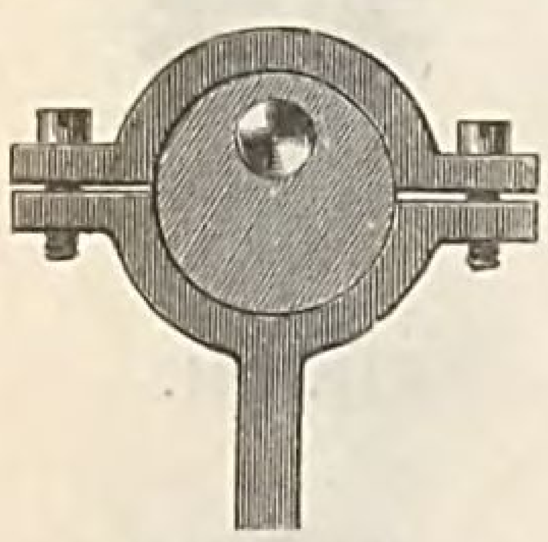
Fig. 724.

8) **Genietete gekröpfte Welle.** Das Schneiden einer gekröpften Welle und auch das Abdrehen derselben, namentlich der Kröpfung selbst, falls die Welle exakt gearbeitet sein soll, erfordert nicht unbeträchtliche Uebung. Bei kleineren Wellen kann man sich deshalb zweckmäßig die einzelnen Theile der Kröpfung getrennt

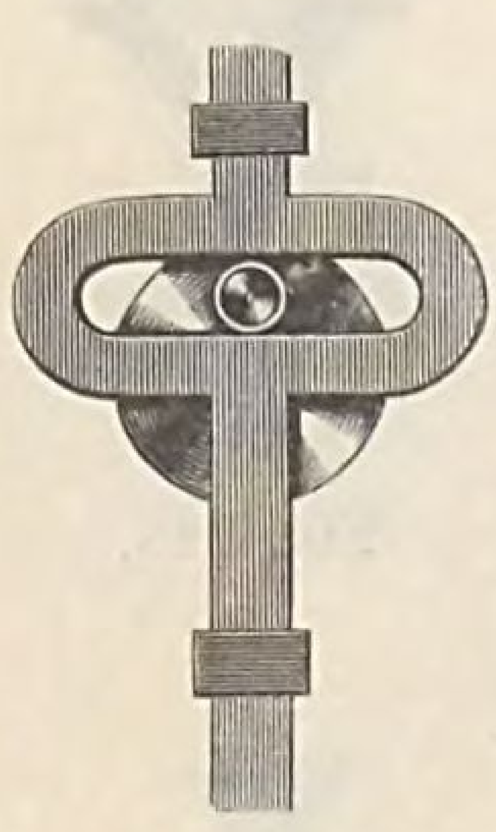
bearbeiten und dann durch Nieten und Verlöthen, wie die Figur andeutet, vereinigen. Bei größeren Wellen werden die Seitenarme ähnlich wie Kurbeln aufgekeilt.


Fig. 725.

9) **Excentrische Scheibe mit Ring.** Wird der Querschnitt des Mittelstücks einer gekröpften Welle so groß genommen, dass er den Querschnitt der Achse überragt, so werden die beiden Seitentheile überflüssig und es bleibt nur eine excentrische Scheibe, um welche der Kopf der Pleuelstange als Ring sich anschließt. Die Scheibe wird in der Regel aufgekeilt oder angelöthet und erhält längs ihres Umfangs eine Rinne, in welche die Spitzen zweier Schrauben eingreifen, um den Ring am Abgleiten zu hindern.


Fig. 726.

10) **Excenter mit Nachstellung.** Um ähnlich wie bei einem zweischaligen Lager ein Nachstellen des Ringes bewirken zu können, falls derselbe locker geworden ist, und auch um das Demontiren zu erleichtern, verfertigt man ihn aus zwei durch Schrauben zusammengehaltenen Hälften. Bei solchen vollkommeneren Excentern wird die Führung auch nicht mehr durch zwei Schraubenspitzen bewirkt, welche sich bald abschleifen, sondern durch einen vorstehenden Rand, insofern die Rinne am Umfang der Scheibe so groß gemacht wird, dass der Ring oder ein Vorsprung desselben darin aufgenommen wird.


Fig. 727.

11) **Kurbelschleife und Bogendreieck.** Läuft das Ende einer Pleuelstange in einer Geradführung, so macht es bei jeder Umdrehung der Kurbel eine Bewegung hin und her, und diese geradlinige Bewegung kann dann auf eine andere Stange, z. B. eine Kolbenstange übertragen werden. Soll nun aber eine Stange direkt durch eine Kurbel in hin- und hergehende Bewegung gebracht werden, so versieht man sie, wie die Figur andeutet, mit einem quer verlaufenden Schlitz, welcher dem Kurbelzapfen den nöthigen Spielraum gewährt. Gibt man dem Querschnitt des Zapfens die Form eines von drei Bogen gebildeten gleichseitigen Dreiecks, dessen Ecken die Mittelpunkte der Bogen sind und deren eine in dem Mittelpunkt der Scheibe liegt, so entsteht zwischen jedem Hin- und Hergang eine entsprechend lange Pause der Bewegung.

12) **Excentrische Rinne.** Umgekehrt kann auch die rotirende Scheibe mit einem excentrischen kreisförmigen Schlitz, oder richtiger mit einer Rinne versehen werden, in welche ein an der Stange angebrachter Zapfen eingreift. Würde an den Zapfen ein Ring angesetzt, welcher genau in die Rinne einpasst, so hätte man eine Uebergangsform zum eigentlichen Excenter.

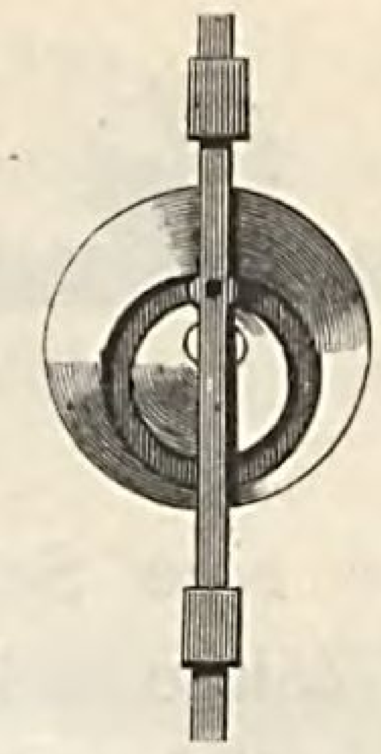


Fig. 728.

13) **Ebene Curvenscheibe.** Wird die kreisförmige Rinne durch eine beliebig gekrümmte ersetzt, so erhält die Stange zwar ebenfalls eine hin- und hergehende Bewegung, dieselbe ist aber mehr oder minder einseitig und ungleichmäßig. Durch passende Gestaltung der Curve kann man sie bis zu gewissem Grade einem beabsichtigten Zweck anpassen. Statt die Stange direkt in Bewegung zu setzen, kann man auch die Bewegung durch einen zweiarmigen Hebel und dergl. auf dieselbe übertragen, so dass der in die Furche eingreifende Zapfen, wie es die Figur zeigt, an dem Hebel befestigt ist.

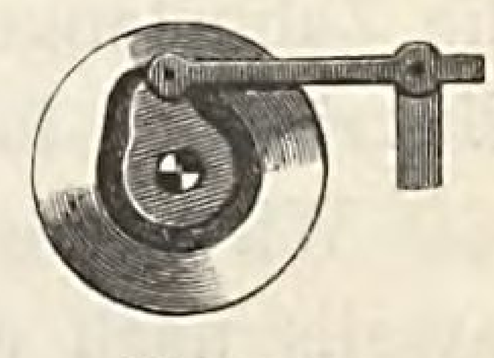


Fig. 729.

14) **Daumenwelle.** Soll eine Stange langsam gehoben werden und dann plötzlich herunterfallen, wie es z. B. bei Hammer- und Pochwerken nöthig ist, so versieht man dieselbe mit einer Nase, an welche ein an der Welle vorragender Daumen anstößt. Um schnellere Bewegung der Stange zu bewirken, können auch mehrere solche Daumen angebracht werden. Soll das Ende eines Hebels langsam hinauf geschoben werden und plötzlich herabfallen, so lässt man dasselbe auf einer rotirenden Scheibe (Cylinder) aufliegen, deren Querschnitt (Begrenzung) eine Spiralwindung darstellt. (Vergl. auch Fig. 772.)

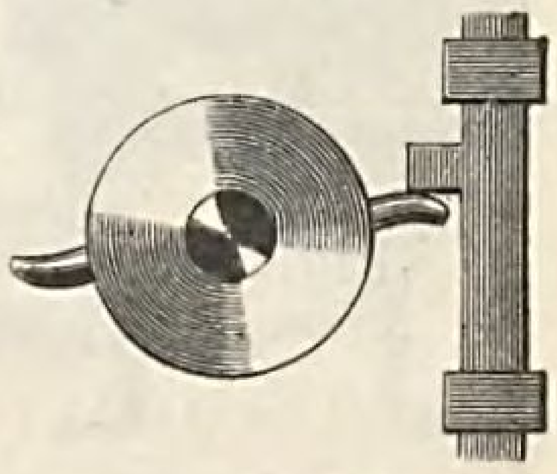


Fig. 730.

15) **Einzugschnecke und Band ohne Ende.** Auch durch Auf- und Abwickeln eines Seils oder einer Kette kann rotirende Bewegung in hin- und hergehende verwandelt werden. Wird dabei die Walze und Trommel, auf welche sich das Seil aufwickelt, nicht cylindrisch, sondern in Form eines anderen Rotationskörpers gearbeitet, so ändert sich entsprechend periodisch die Geschwindigkeit der Bewegung. — Das Band ohne Ende, welches über zwei parallele Walzen geführt ist und aufgelegte Gegenstände mit sich fortführt, mag hier ebenfalls erwähnt werden.

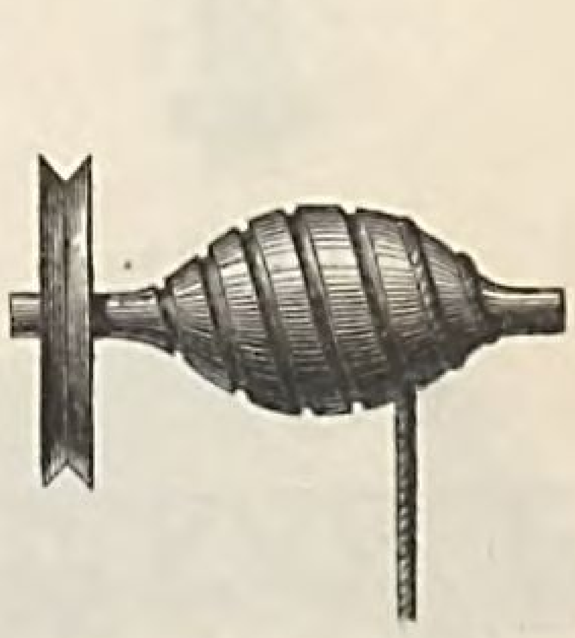


Fig. 731.

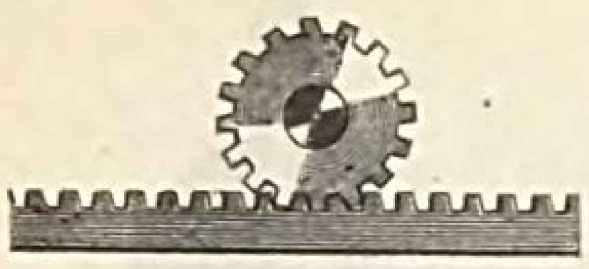


Fig. 732.

16) **Zahnstange und halbverzahnte Triebe.** Wird der Radius eines Zahnrades unendlich groß gedacht, so geht das Rad in eine Zahnstange über und die Drehung in geradlinig fortschreitende Bewegung. Die Uebertragung der Bewegung kann entweder durch einen Trieb oder eine Schraube ohne Ende geschehen. In letzterem Falle stehen die Zähne schief und die Zahnstange verwandelt sich in ein Segment einer Schraubenmutter.

Um Nachstellen zu ermöglichen, falls die Vorrichtung durch längerem Gebrauch todten Gang erhalten hat, fertigt man bei feineren Instrumenten die Zahnstange aus zwei oder drei parallelen Theilen, welche, falls die Eingriffe zu locker geworden sind, etwas gegeneinander verstellt werden.

Wird die Hälfte der Zähne eines Triebes abgenommen, so entsteht jeweils nach einer halben Umdrehung eine Pause in der Bewegung der Zahnstange. Diese kann man benutzen, um sie durch einen zweiten, entgegengesetzt rotirenden, halbverzahnten Trieb wieder rückwärts zu bewegen, um so drehende Bewegung in hin- und hergehende zu verwandeln.

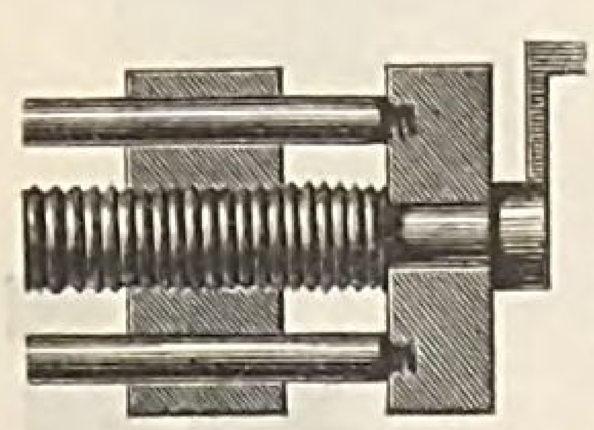


Fig. 733.

17) **Schraubenführung.** Anstatt wie im vorigen Falle eine kurze Schraubenspindel in ein sehr langes Muttersegment (Zahnstange) eingreifen zu lassen, kann man auch umgekehrt eine lange Schraubenspindel in ein kurzes Muttersegment oder geradezu in eine Mutter eingreifen lassen. Die Geradführung der Mutter wird am besten in Form eines Schlittens mit Schwalbenschwanz oder zweier cylindrischer Stäbe, wie die Figur zeigt, ausgeführt.

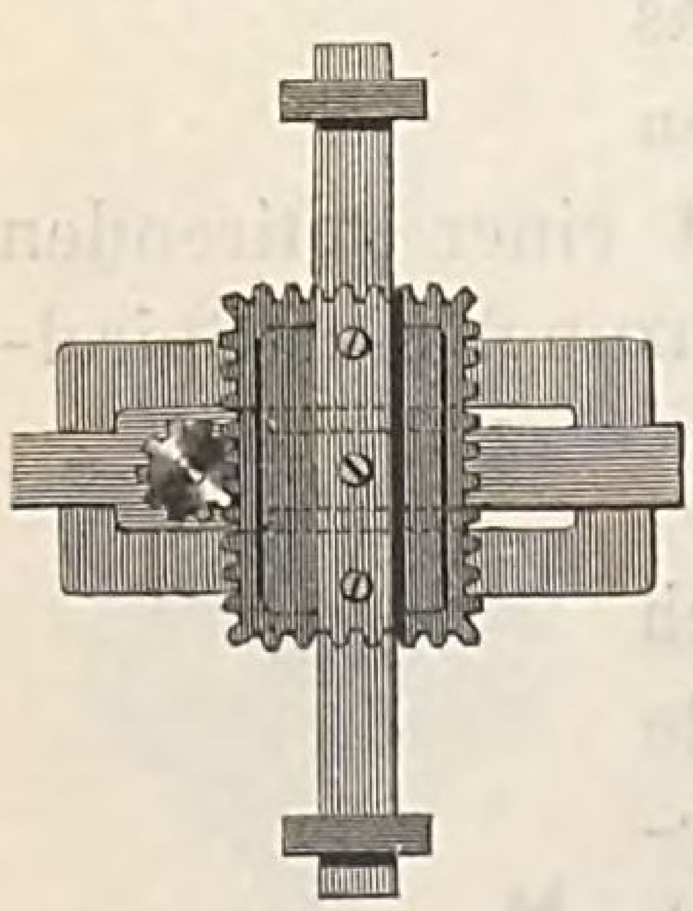


Fig. 734.

18) **Wechselgetriebe.** Wird eine rechteckige Platte verzahnt und so geführt, dass sie sich parallel einer Seite bewegen kann, wird ferner ein in die Verzahnung eingreifendes Triebrad auf einer beweglichen Stange gelagert, welche sich in der zur Bewegungsrichtung der Platte in gleicher Ebene senkrechten Richtung bewegen kann, so verschiebt sich bei Drehung des Triebes abwechselnd die Platte und die Stange hin und her, und zwar je nach der Länge der Seiten des Rechtecks beide während verschieden langer Zeit.

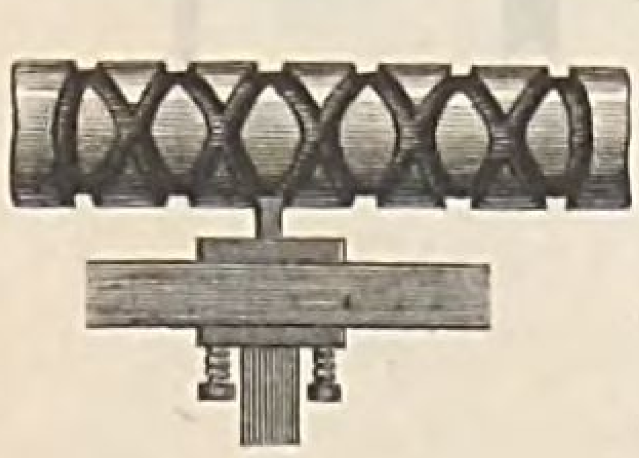


Fig. 735.

19) **Vor- und rückläufige Schraube.** Wird die Schraubenmutter nicht zu sehr in Anspruch genommen, so kann sie sehr reducirt werden, z. B. auf einen einzigen Gewindegang oder ein Segment eines solchen, einen einzelnen Zahn. Liegen außerdem die

Gewindegänge hinreichend weit auseinander, so kann man auf der gleichen Spindel zwei entgegengesetzt gewundene Rinnen einarbeiten und dieselben an den Enden zu einer einzigen verbinden. Bei con inuirlicher Drehung der Schraubenspindel wird dann der Zahn regelmäßig abwechselnd im einen und andern Sinne fortgeschoben.

20) **Schraubenwechselgetriebe.** Den gleichen Zweck wie bei der vorigen Anordnung erreicht man dadurch, dass zwei entgegengesetzt laufende Schrauben (Fig. 736, 1 u. 3, sowie 2 u. 4) parallel neben einander angeordnet werden und der eingreifende Zahn (in der Figur die Enden der Nadelstäbe), nachdem er durch die eine Schraube die gewünschte Strecke hindurch fortgeschoben wurde, durch einen vorspringenden Daumen erfasst und auf die zweite Schraube geworfen wird, und ebenso dann wieder von dieser auf die erste. Gibt man der einen Schraube ein steileres Gewinde als der andern, so kann man hierdurch bewirken, dass der Zahn z. B. langsam vorwärts und dann wieder rasch zurück geht.

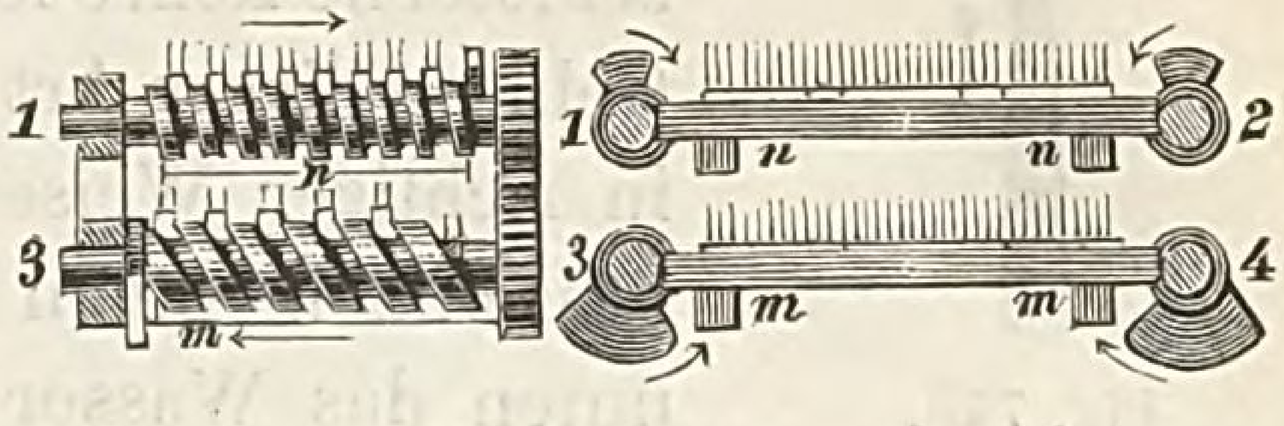
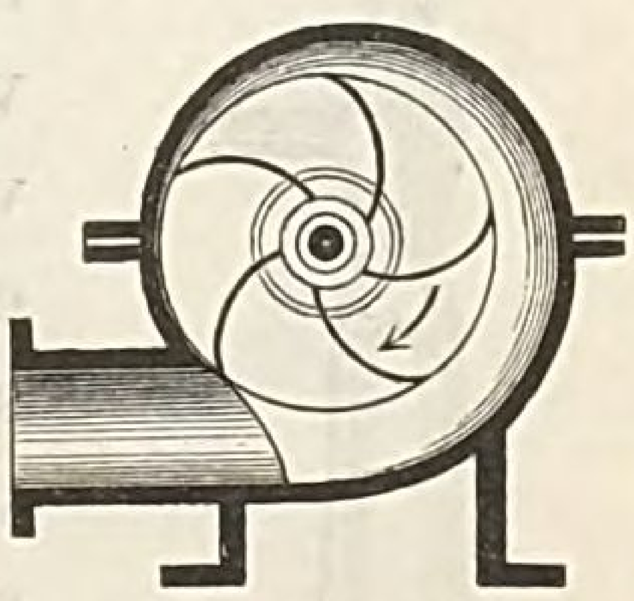
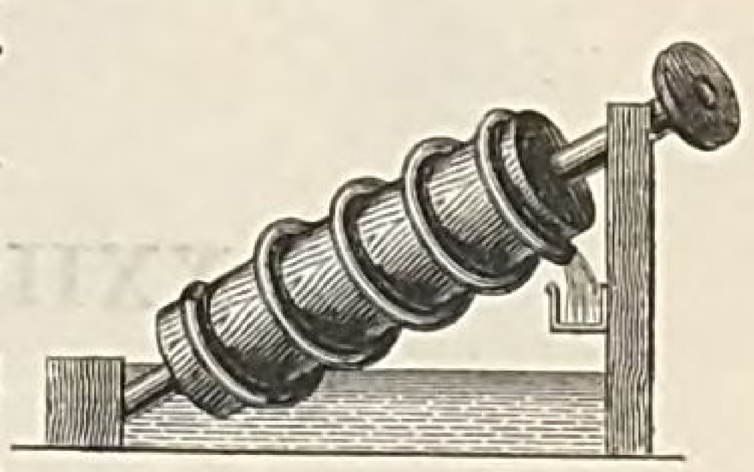


Fig. 736.

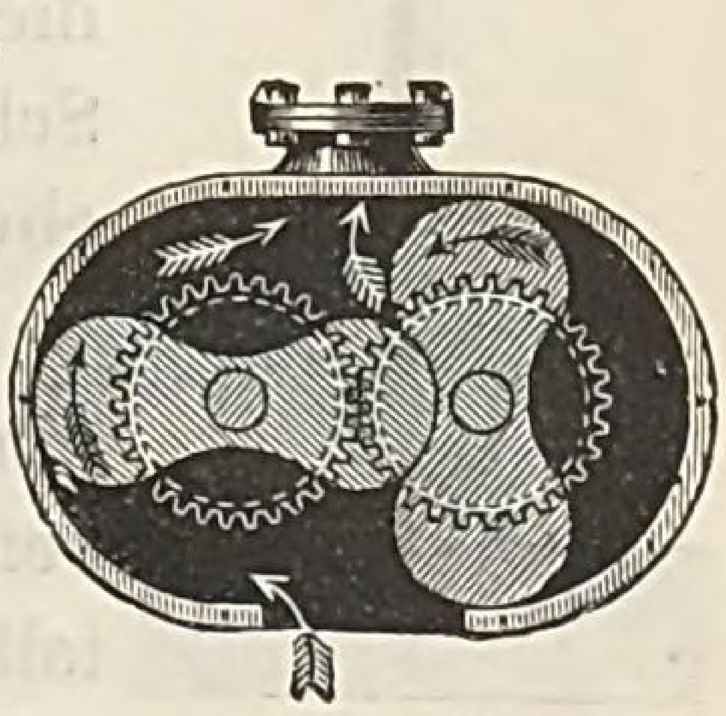
21) **Flügelrad.** Werden die Speichen eines Rades mit Flügeln oder Schaufeln versehen, wie bei der Windmühle oder dem Wasserrade, so kann dadurch die Strömung der Flüssigkeit in Rotationsbewegung des Rades oder umgekehrt wie bei Ventilatoren und Centrifugalpumpen diese in Strömung der Flüssigkeit umgesetzt werden.


Fig. 737.

22) **Archimedische Schraube.** Auch die Schraube kann dazu benutzt werden, die Rotationsbewegung in Flüssigkeitsbewegung umzusetzen, in einfacher Weise z. B. in der Art, dass man einen schief gelagerten, mit dem Ende in Flüssigkeit stehenden Cylinder mit einem Rohr umwickelt und in Drehung versetzt. Die Schiffsschraube ist ein anderes bekanntes Beispiel, das den Uebergang zu den Flügelrädern vermittelt.


Fig. 738.

23) **Root's Gebläse und rotirende Pumpen.** Dieselben verwenden zwei in einem dicht anschliessenden Gehäuse rotirende Theile, welche ähnlich wie Zahnräder ineinander eingreifen, und dadurch die Luft oder eine Flüssigkeit verdrängen, beziehungsweise beim Auseinandergehen ansaugen. Analog ist das Fortbewegen einer Flüssigkeit durch fortschreitendes Würgen oder Quetschen eines Kautschukschlauchs.


Fig. 739.

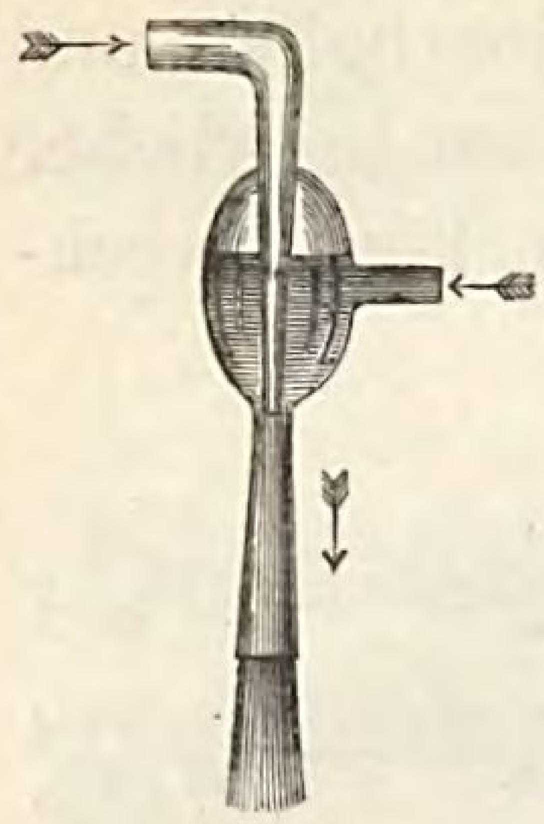


Fig. 740.

24) **Aeolus und Wassertrommelgebläse.** Hierdurch wird Flüssigkeitsströmung theilweise in Luftströmung umgesetzt, insofern ein ausströmender Flüssigkeitsstrahl die Luft mit sich fortreißt, welche durch eine das Wasserrohr einschließende oder von demselben eingeschlossene Röhre fortwährend nachströmt. Soll ein kleines Gebläse dieser Art gut wirken, so muss das Ausflussrohr in richtiger Weise sich conisch erweitern. Leitet man dasselbe in einen geschlossenen Behälter, aus welchem unten das Wasser abfließen kann, so sammelt sich die Luft im oberen Theile und kann von dort wieder entnommen und zur Speisung eines Gebläses benutzt werden. Bei dem bekannten »Zerstäuber« wird umgekehrt ein Luftstrom dazu benutzt, um die Flüssigkeit aus der Mündung eines senkrecht dazu stehenden Rohres mitzureißen und fein zu zerstäuben. Auch der Giffard'sche Injektor ist ein anderes bekanntes Beispiel für das gleiche Prinzip.

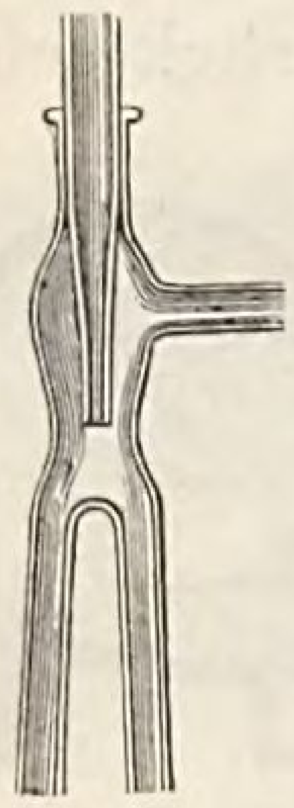


Fig. 741.

25) **Sprengel'sche Pumpe.** Steht kein genügend rasch bewegter Flüssigkeitsstrahl, d. h. keine Wasserleitung von genügend hohem Drucke zur Verfügung, so verwendet man die Wasserluftpumpen mit Fallrohr, bei welchen die aus einer Spitze austretenden Tropfen durch ein langes Rohr herabfallen und dabei Luftblasen zwischen sich einschließen, so dass durch ein seitliches Rohr fortwährend neue Luft nachströmen muss. Bei der Sprengel-schen Luftpumpe dient statt Wasser Quecksilber und häufig werden statt einer einzigen zwei und mehr Fallröhren (etwa 1—2 mm weit) angebracht.

XXII. Handgriffe und Tretvorrichtungen.



Fig. 742.

1) **Ring.** Sind Gegenstände einfach durch die Kraft der Hand oder des Armes in Bewegung zu setzen, so erhalten sie geeignete Vorsprünge oder Handgriffe, um dieselben gut anfassen zu können. Als Handgriff für Schnur oder Drahtenden dient häufig ein einfacher Ring, ebenso auch für kleine Schubladen und dergl.

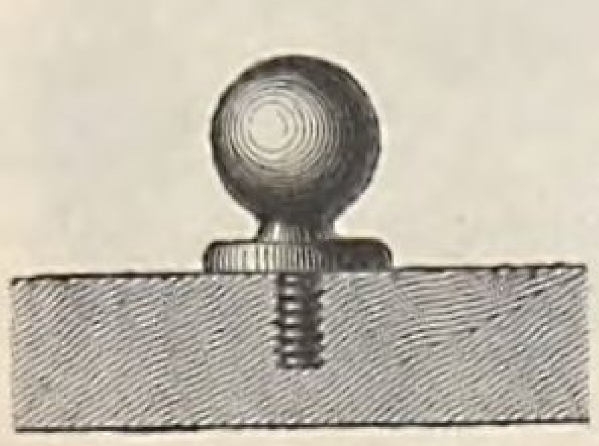


Fig. 743.

2) **Knopf.** Bei stärkerer Kraftanstrengung schneiden Ringe zu sehr ein und sind deshalb unzweckmäßig. Man benutzt dann verschieden geformte hölzerne oder metallene Knöpfe. Die hölzernen werden gewöhnlich eingeleimt, die metallenen eingeschraubt.

3) **Angenieteter Griff.** Zum Anfassen kleiner Blechgefäße dient meist ein aus starkem Draht hergestellter Griff, welcher an beiden Enden breitgeschlagen und angenietet, zweckmäßig auch noch verlöthet ist.

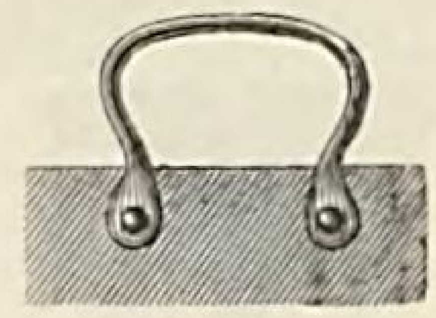


Fig. 744.

4) **Handgriff mit Umhüllung.** Bei schwereren Gefäßen würde ein Draht die Hand zu stark drücken, man versieht ihn daher mit einer Umhüllung, gewöhnlich aus Holz, so dass die Berührungsfläche vergrößert und somit der Druck vermindert wird. Auch bei Gegenständen, welche erhitzt werden, sind solche Griffe nöthig, um die Hand gegen die Wärme zu isoliren.

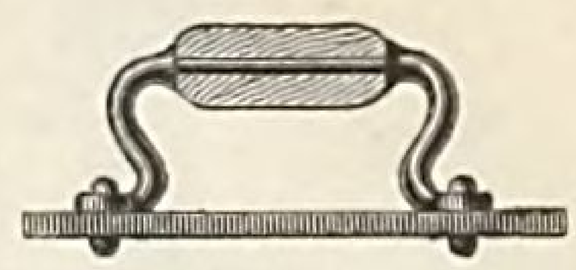


Fig. 745.

5) **Beweglicher Handgriff.** Werden die Handgriffe an einem Gegenstande nur selten gebraucht, und würden im übrigen bei der Handhabung des Gegenstandes störend sein, so fertigt man sie derart an, dass sie sich im unbenutzten Zustande herabklappen lassen.



Fig. 746.

6) **Hölzerner Griff mit Blechfassung.** Soll ein Griff in Form eines mehr oder minder langen Stiels an einem Gegenstand befestigt werden, der keine zur Befestigung dieses Stiels genügende Bohrung erhalten kann, so löthet (oder schraubt) man eine Blechhülse an, in welche der Stiel gerade einpasst.

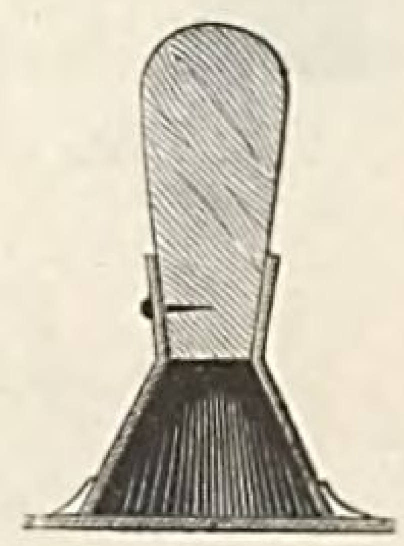


Fig. 747.

7) **Hölzernes Heft.** Werkzeuge erhalten da, wo sie mit der Hand gefasst werden sollen, in der Regel hölzerne Griffe, welche so ausgeschweift sein müssen, dass sie sich bequem in die Hand einlegen und auch bei starkem Druck nicht unangenehm werden. Die Angel des Werkzeugs wird in ein vorgebohrtes Loch eingetrieben, nachdem man dasselbe durch Eindrücken einer glühend gemachten Angel eines alten Werkzeugs zunächst entsprechend erweitert hatte. Feine Feilen, Nadeln und dergl. werden außerdem mit Siegellack eingekittet oder erhalten geradezu einen Griff aus Siegellack.

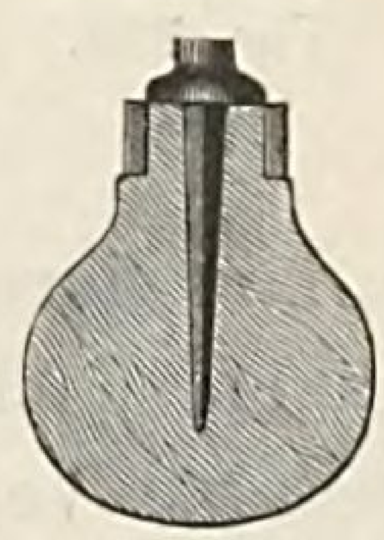


Fig. 748.

8) **Heft mit durchgehender Schraube.** Wird ein Heft nicht allein auf Druck, sondern auch auf Zug beansprucht, so würde eine lediglich eingekeilte Angel nicht hinreichend zuverlässig festsitzen. Man macht dieselbe deshalb so lang, dass sie mit dem Ende aus dem Griff vorsteht, und schraubt dort eine Mutter auf.

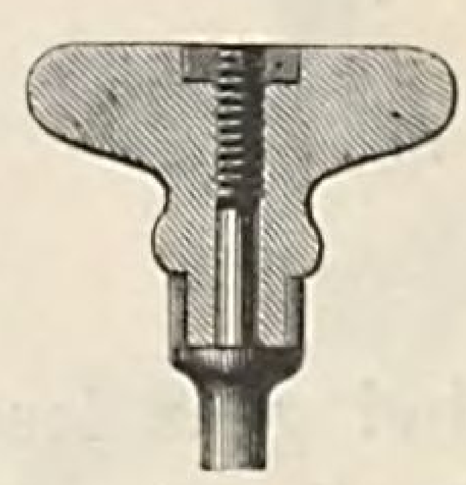
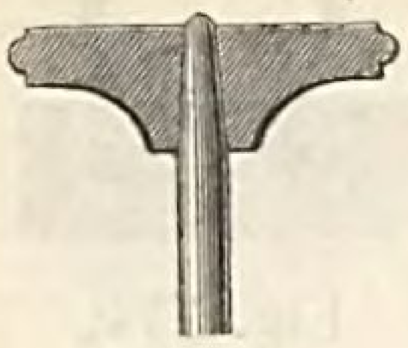
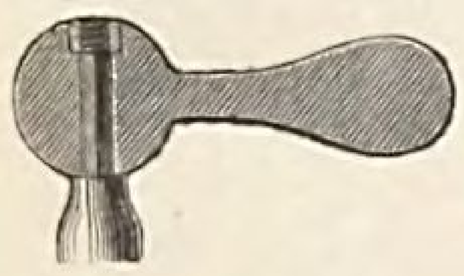


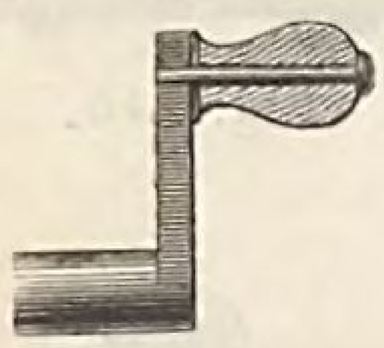
Fig. 749.


Fig. 750.

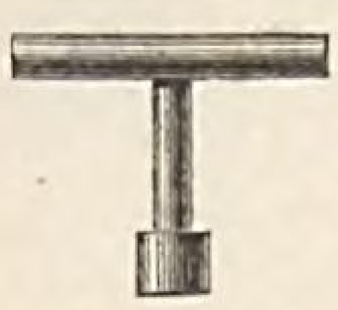
9) **Schraubenkopf.** Um feinere Schrauben, wie sie bei physikalischen Instrumenten häufig vorkommen, leicht mit der Hand lösen und anziehen zu können, versieht man sie gewöhnlich mit einem messingenen gedrehten Kopf, welcher entweder gegossen oder von einer dicken Messingstange abgesägt, aufgetrieben oder aufgelöthet und schließlich abgedreht und gerändelt wird.


Fig. 751.

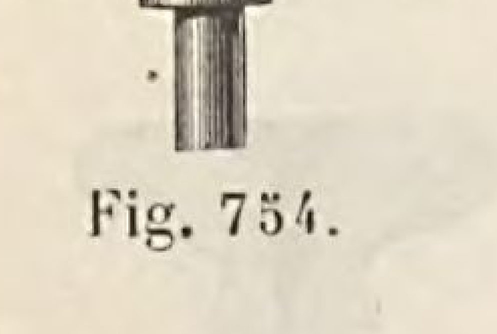
10) **Knebeldrücker.** Thürschlösser, größere messingene Hähne u. dergl. erhalten Griffe, welche senkrecht zur Drehachse angesetzt und, wenn nur einseitig benutzt, auch nur auf einer Seite der Hand entsprechend gewölbt sind.


Fig. 752.

11) **Handkurbel.** Die vorerwähnten Griffe gestatten nur eine Drehung der Achse bis zu gewisser Grenze; dann muss der Griff, falls die Drehung fortgesetzt werden soll, wieder anders gefasst werden. Durch Anwendung einer Kurbel, deren Kurbelzapfen mit einem Griff versehen ist, wird diese Schwierigkeit umgangen. Der Griff ist entweder fest mit dem Zapfen verbunden oder — was vortheilhafter ist — er lässt sich um denselben drehen.


Fig. 753.

12) **Schlüsselgriff.** Durch einen einseitig angebrachten Griff wird die zu drehende Achse leicht krumm gedrückt. Bei kleinen Griffen könnte dabei außerdem nicht die ganze Hand zur Wirkung kommen, man bringt deshalb einen zweiten symmetrischen Griff an. Das früher beschriebene sogenannte Wendeeisen, welches auf das viereckig zugefeilte Ende der Achse aufgesteckt werden kann, ist ebenfalls hierher zu rechnen. Wenn nöthig, erhält dasselbe in der Mitte eine Verlängerung mit der zur Aufnahme des Zapfens bestimmten Höhlung und wird so zum Stockschlüssel.


Fig. 754.

13) **Verstellbarer Schlüsselgriff.** Wird der zur Umdrehung dienende Querstab durch eine knopfförmige Verdickung der Achse lose durchgesteckt, so erzielt man den Vortheil, dass der Hebel, um gleiche Kraft ausüben zu können, kürzer sein kann und die Umdrehung auch dann noch möglich ist, wenn sich in der Nähe einzelne Hindernisse befinden. Der Stab kann dabei ganz lose sein und nur im Gebrauchsfalle eingesetzt, oder aber, wie die Figur zeigt, dauernd mit dem Knopf verbunden werden.

14) **Radförmiger Griff.** Um die Zapfen größerer Hähne und dergl. bei jeder Stellung mit gleicher Kraft drehen zu können, werden mehrere Griffe angebracht, welche die Speichen eines Rades bilden. Beim Steuerrad der Schiffe ragen die Griffe über den Radkranz vor.

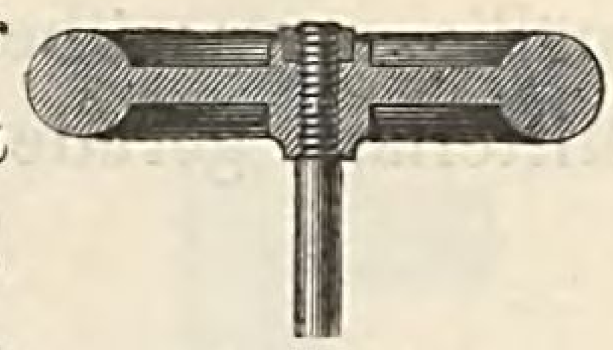


Fig. 755.

15) **Kurbel mit Gasrohr.** Größere Kurbeln, welche mit beiden Händen gefasst werden und deshalb einen langen gut drehbaren cylindrischen Griff erhalten sollen, versieht man zweckmäßig mit einem Stück Gasrohr als Griff. Vortheilhaft ist es, um die Reibung möglichst zu reduciren, in die Enden dieser Röhre kleine messingene Büchsen einzulöthen, so dass lediglich hier Berührung mit dem Kurbelzapfen stattfindet.

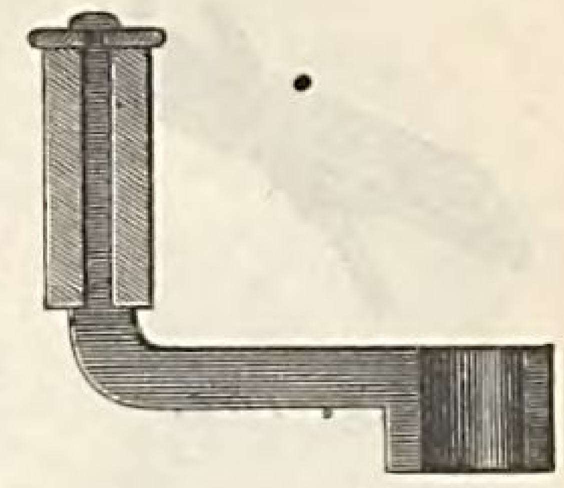


Fig. 756.

16) **Angeschraubte Kurbel.** Bei manchen Apparaten ist es nöthig, die Kurbel zeitweise abnehmen zu können, sie muss also so gefertigt sein, dass sie sich leicht aufschrauben lässt. Gewöhnlich feilt man hierzu das Ende des Zapfens viereckig und befestigt die Kurbel mit einer Kopfschraube oder Schraubenmutter. Findet nur Drehung nach einer Richtung statt, z. B. beim Aufziehen einer Feder, so kann man das Ende der Achse mit einem kurzen Gewinde versehen und die Kurbel direkt aufschrauben. Man erreicht damit zugleich den Vortheil, dass, wenn etwa aus Versehen die Kurbel anders gedreht wurde, sie sich selbstthätig losschraubt, also der Fehler keinen Schaden erzeugen kann.

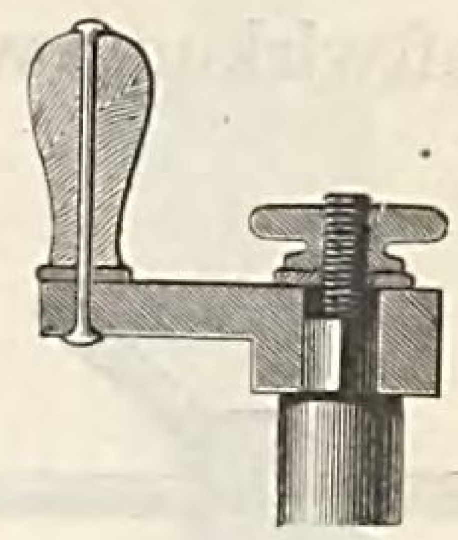


Fig. 757.

17) **Vorn befestigtes Trittbrett.** Um eine Kurbel mittels des Fußes, anstatt mit der Hand in Bewegung zu setzen, befestigt man an den Kurbelzapfen eine senkrecht herabhängende Schnur oder eine Stange, welche durch ein Gelenk mit dem Ende eines Brettes verbunden wird, welches seinerseits am andern Ende, ebenfalls durch ein Gelenk, am Boden befestigt ist. Diese einfache Vorrichtung kann natürlich nur dann Verwendung finden, wenn die durch einmaliges Treten erzeugte Bewegung oder Spannung ausreicht, von selbst den Tritt wieder zu heben.



Fig. 758.

18) **Hinten befestigtes Trittbrett.** Soll durch den Tritt zugleich die Kraft gesteigert werden, natürlich auf Kosten der Hubhöhe, so gestaltet man denselben als einarmigen Hebel, indem man den Drehpunkt an das vordere Ende verlegt und den Stab an einem innern Punkte angreifen lässt. Der Drehpunkt wird zweck-

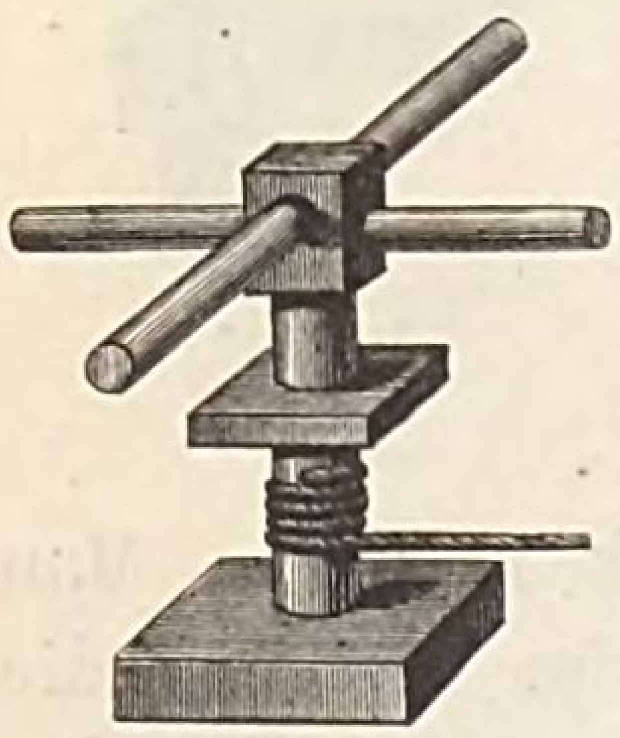


Fig. 759.

mäßig etwas über der Bodenfläche angebracht, so dass der Tritt in der Mittellage gerade horizontal steht.

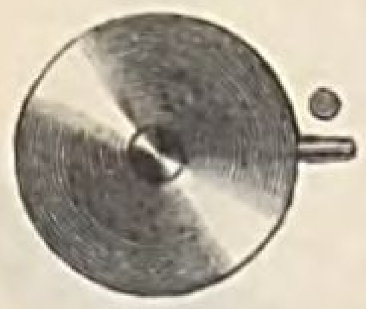

Fig. 760.

19) **Mitten befestigtes Trittbrett.** Um nicht allein die abwärtsgehende Bewegung des Trittes, sondern auch die aufwärtsgehende nutzbar zu machen, verlegt man den Drehpunkt in die Mitte und erzeugt die Bewegung durch abwechselndes Heben und Senken der vorderen und hinteren Fußhälfte. Gewöhnlich wird das Brett genügend breit gemacht, um beide Füße aufsetzen zu können. Die so erzeugte Bewegung ist regelmäßiger als die durch die beiden andern Tritte erzeugte und erfordert zur völligen Regulirung ein weit kleineres Schwungrad, kann also auch rascher unterbrochen werden. Die Vorrichtung gestattet dagegen keine so große Kraftwirkung wie die vorige.


Fig. 761.

20) **Göpel.** Um die volle Bewegungskraft des Körpers auszunutzen und zu verstärken, eventuell gleichzeitig die Kräfte mehrerer Personen zu vereinigen, dienen große Kurbeln, welche einem Rade mit zwei, vier oder mehr Speichen entsprechen. Häufig sind diese Speichen lose Stangen, welche in entsprechende Löcher des kopfartig verdickten Endes der Achse einfach eingesteckt werden. Auch das verticale Tretrad, welches an seinem Kranze nach Art einer Leiter mit Sprossen versehen ist, so dass es beim Hinaufklettern an der äußern oder innern Seite in entsprechende Bewegung geräth, sowie der Pferdegöpel, sind hieher gehörige, bei physikalischen Arbeiten aber schwerlich jemals zu benutzende Vorrichtungen, da man in den Gasmotoren, welche zum Betriebe der Dynamomaschinen ohnehin nöthig sind, bequemere Triebwerke besitzt.

XXIII. Sperr- und Auslösevorrichtungen.


Fig. 762.

1) **Stifthemmung.** Soll ein drehbarer Zapfen nur bis zu gewisser Grenze drehbar sein, so versieht man am einfachsten sowohl ihn selbst, wie auch das Lager mit einem Stift derart, dass diese beiden Stifte bei der gewünschten Grenzstellung zusammenstoßen. Man nimmt dieselben hinreichend dick, um, wenn nöthig, durch Abfeilen die Stellung passend justiren zu können.

2) **Schlitzhemmung.** Soll die Bewegung nach zwei Seiten hin begrenzt sein, so dass zwei arretirende Stifte nöthig wären, so arbeitet man häufig statt dessen in den einen Theil einen Schlitz ein, in welchem sich der Stift des andern bewegt. Eine Hülse erhält gewöhnlich am Rande einen Ausschnitt.

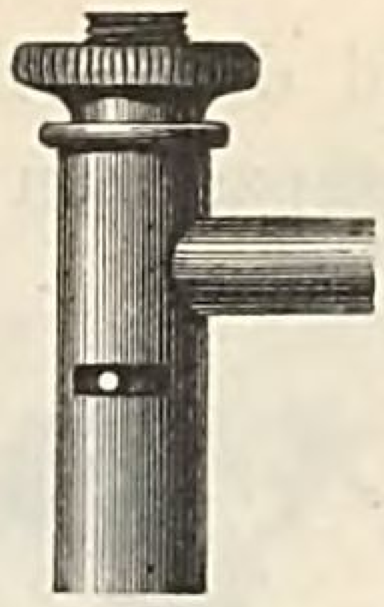


Fig. 763.

3) **Schlagleiste.** Um eine Schublade, Schieber und dergl. gegen allzuweites Ausziehen zu sichern, bringt man an der oberen Wandfläche des Faches, in welchem sie sich bewegt, eine Leiste an, gegen welche die Rückwand (oder eine entsprechende Leiste des Schiebers) anschlägt, sobald die Grenzlage erreicht ist.

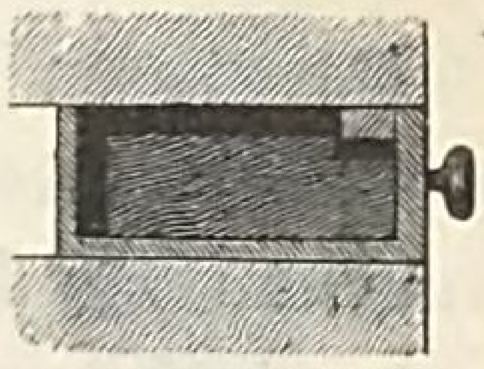


Fig. 764.

4) **Rohr mit Anschlag.** Ganz entsprechend wird ein ausziehbares Rohr, z. B. bei einem Fernrohr, mit einem etwas vorspringenden Rand versehen, welcher beim Ausziehen schließlich gegen einen entsprechenden Vorsprung der Hülse anstößt. Sollen Rohr und Hülse sicher conaxial bleiben, so darf dieser Vorsprung nicht ganz am Ende der Hülse sein.

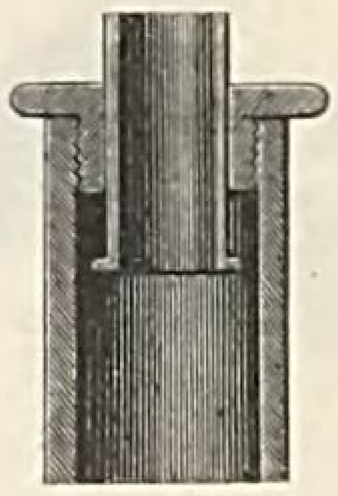


Fig. 765.

5) **Gewicht mit Arretirung.** Bei der Fallmaschine soll ein kleines Uebergewicht in bestimmtem Momente in seiner Bewegung angehalten werden. Es wird dies dadurch erreicht, dass man dasselbe einen Ring passiren lässt, auf welchen es sich mittels zweier vorragender Flügel auflegt.

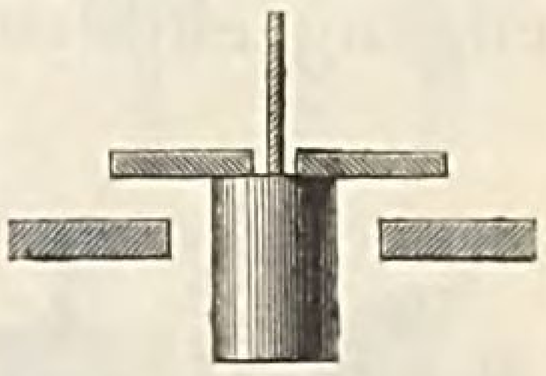


Fig. 766.

6) **Gewichtsauslösung.** Um, wie es ebenfalls bei der Fallmaschine nöthig ist, ein Gewicht in bestimmtem Momente zur Wirkung zu bringen, kann man dasselbe auf einer Platte aufstehen lassen, welche mittels eines Charniers befestigt ist und durch Wegdrehen eines stützenden Stäbchens zum Umklappen gebracht wird. Durch die Platte wird bewirkt, dass das Gewicht beim Wegziehen des Stäbchens keine Erschütterung erfährt, wie es der Fall sein würde, falls das Stäbchen selbst als Arretirung diente.

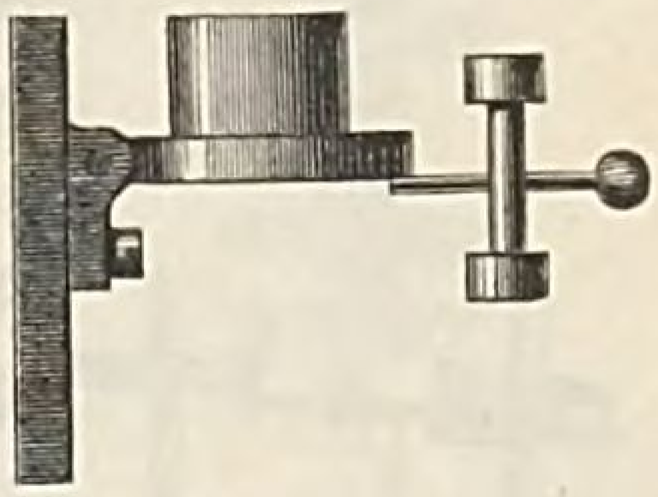


Fig. 767.

7) **Zahnstange mit Sperrung.** Ein Stab, der in bestimmter Stellung in einer Hülse festgehalten werden soll, erhält gewöhnlich an dem in der Hülse bleibenden Theil eine Verzahnung, in welche ein an der Hülse befestigter arretirender Stift durch eine Feder eingedrückt wird. Um die Stange leicht heraufziehen zu können,

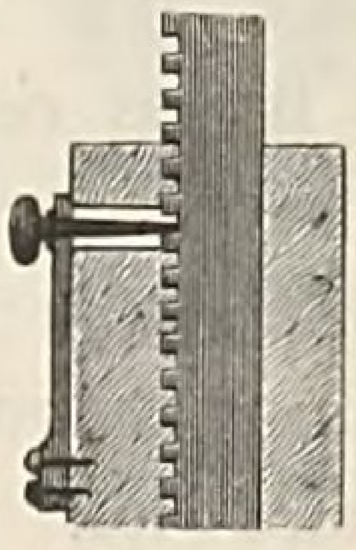


Fig. 768.

wird die Verzahnung in der Regel schief ausgeführt, so dass die unteren Begrenzungen horizontal, die oberen schief stehen.

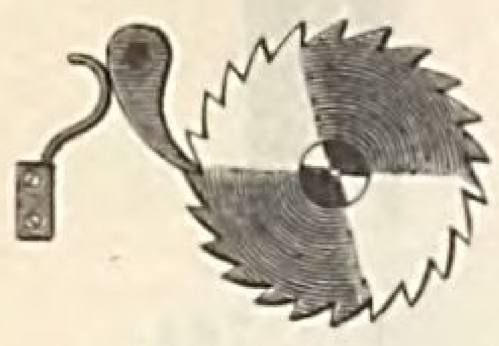


Fig. 769.

8) **Sperrrad.** Um eine drehbare Achse, Rolle und dergl., welche einseitig beansprucht wird, in bestimmter Lage zu fixiren, versieht man sie mit einem einseitig gezahnten Rad, in welches ein Sperrzahn (Sperrkegel) eingreift. Bei Uhrwerken findet diese Vorrichtung namentlich zum Halten der Federachse Anwendung, da hierdurch ermöglicht wird, die Feder durch Drehen der Achse aufzuziehen, ohne dass ihr Druck auf das Gehäuse, an welchem sie befestigt ist und welches nur lose auf der Achse aufsitzt und seine Bewegung den andern Rädern mittheilt, beeinflusst wird.

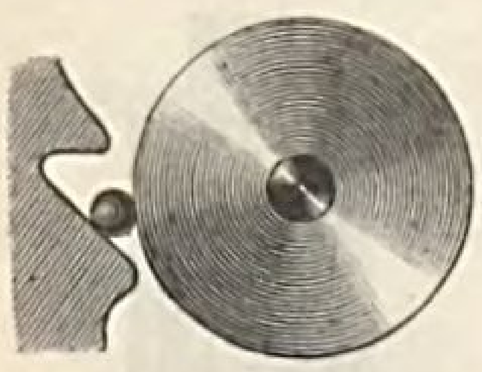


Fig. 770.

9) **Gummiball.** An Stelle des Sperrkegels kann in manchen Fällen, namentlich bei rasch umlaufenden Rädern zum Schutze gegen verkehrte Drehung, ein in einer kleinen Höhlung liegender Gummiball gebraucht werden. Derselbe wird so angebracht, dass er bei richtiger Drehung des Rades gehoben wird und, sich vom Rade entfernend, in die Erweiterung der Höhlung begibt, im umgekehrten Fall dagegen mitgenommen wird, sich in die Verengung einklemmt und die Bewegung des Rades völlig hindert.

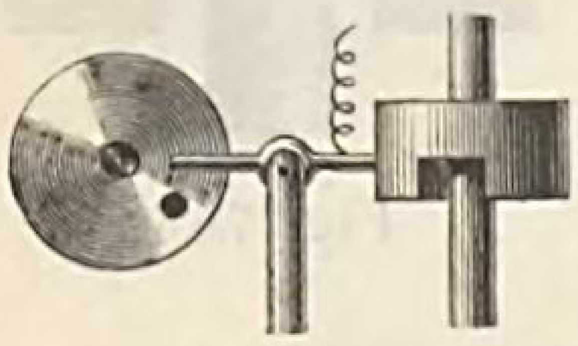


Fig. 771.

10) **Auslösung.** In einen Einschnitt des cylindrischen Ansatzes des in beistehender Figur rechts befindlichen Rades wird durch eine Feder das eine Ende eines hebelartig beweglichen Stäbchens eingedrückt, das Rad ist somit in seiner Bewegung gehemmt. Bewegt sich nun aber das Rad links so, dass der daran angebrachte Stift das linke Ende des Stäbchens in die Höhe drückt, so ist das Hindernis beseitigt, die Bewegung ausgelöst.

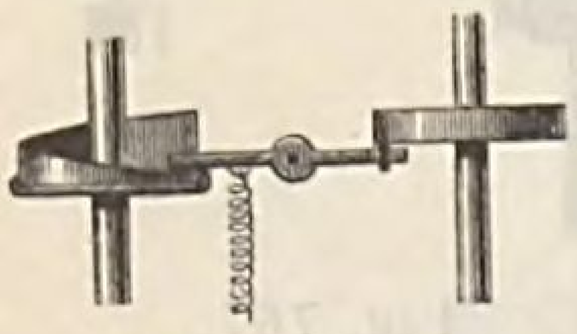
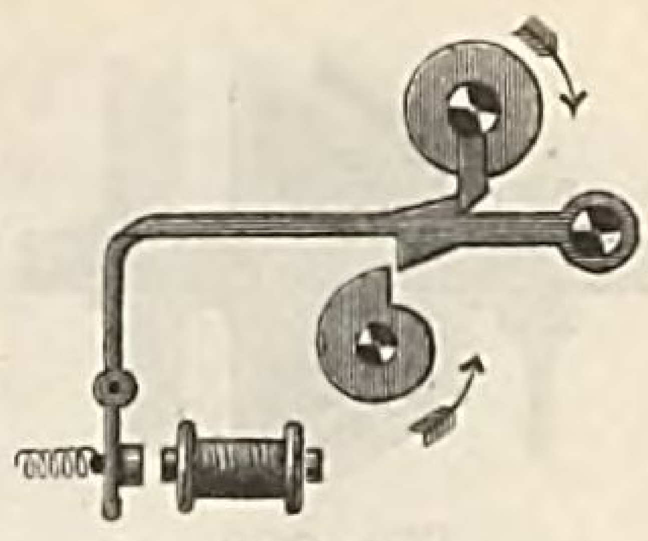


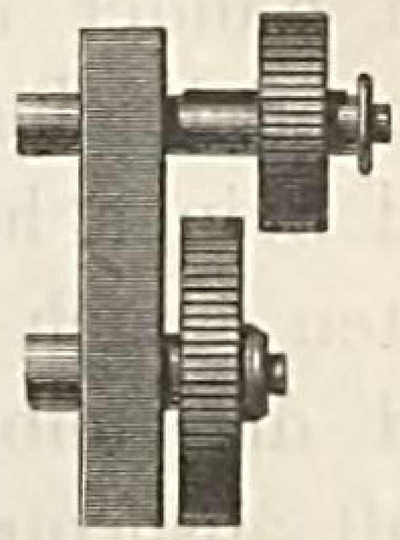
Fig. 772.

11) **Stundenradauslösung.** Um ein arretirendes Stäbchen aus seiner Lage wegzudrücken, kann auch ein Rad mit cylindrischem Aufsatz dienen, dessen Begrenzung einen Schraubengang darstellt. Indem das Stäbchen durch die Umdrehung dieser Schraube gehoben wird, ermöglicht es schließlich die Umdrehung des Rades rechts, aber nur einmal, da es alsbald wieder herabfällt und den Stift des Rades rechts wie zuvor anhält. Ebenso ermöglicht bei Uhrwerken ein derartiges Stäbchen die Umdrehung des Stundenrades von einem Schlitz zum andern, dann fällt es in diesen ein und hemmt die Bewegung wieder, da inzwischen die höchste Stelle des Schneckenrades passirt ist. Erst nach Verlauf einer Stunde, wenn es durch das Schneckenrad abermals gehoben ist, wiederholt sich das Spiel.

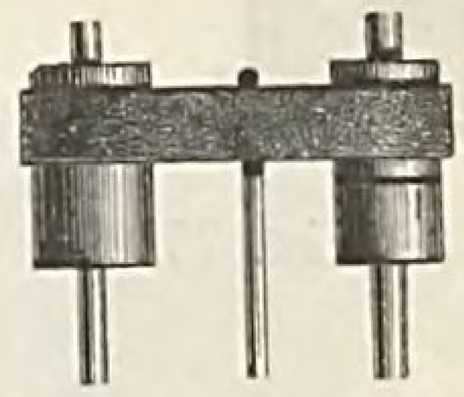
12) **Elektromagnetische Auslösung.** Wird der Elektromagnet der in beistehender Figur abgebildeten Vorrichtung in Thätigkeit gesetzt, so fällt das horizontale Stäbchen herunter und gestattet dem oberen Rad sich zu drehen. Durch das untere Schneckenrad wird schließlich der Anfangszustand wiederhergestellt.


Fig. 773.

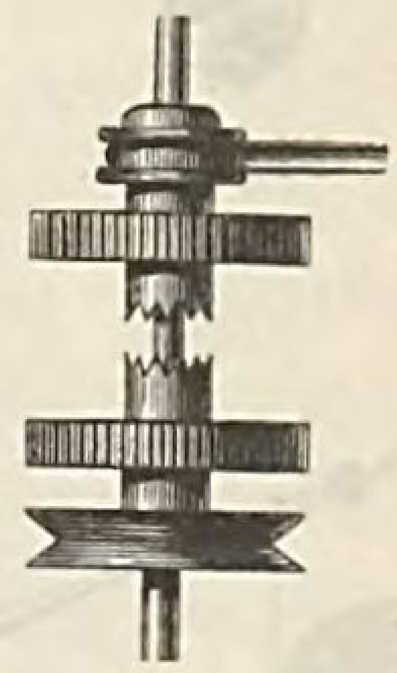
13) **Ausrückung für Zahnräder.** Um eine Ausrückung bei Zahnrädern zu ermöglichen, kann man das eine derselben auf der Achse verschiebbar machen, indem man den Keil durch ein Prisma ersetzt. Soll die zweite Achse nicht mitlaufen, so schiebt man dieses bewegliche Rad soweit ab, dass es nicht mehr in das andere eingreift. Natürlich kann diese Ausrückung nicht während der Umdrehung der Räder vorgenommen werden.


Fig. 774.

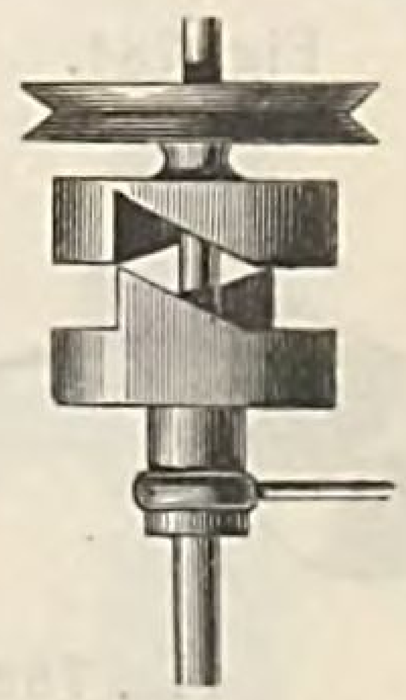
14) **Ausrückung für Riementransmission.** Wird die Bewegung von einer Achse zu einer andern durch einen Riemen übertragen, so bringt man neben einer Riemenscheibe eine zweite an, welche nur lose auf die Achse aufgesteckt ist, und gibt der Riemenscheibe der anderen Achse die doppelte Breite. Der Riemen wird durch eine verschiebbare Gabel hindurch geleitet und dieselbe, falls die Bewegung abgestellt werden soll, so verschoben, dass der Riemen auf diese Leerscheibe übergleitet.


Fig. 775.

15) **Zahnkuppelung.** Um zwei Achsen, von welchen die eine die Verlängerung der andern darstellt, im bestimmten Momente während der Bewegung mit einander zu verkuppeln, versieht man dieselben mit einseitig gegen den Stoß verzahnten Hülsen, von welchen die eine auf ihrer Achse verschiebbar ist und im gewünschten Momente so gegen die andere angedrückt wird, dass die Zähne ineinander greifen.


Fig. 776.

16) **Klauenkuppelung.** Bei Uebertragung größerer Kräfte verwendet man in der Regel nur zwei diametral gegenüberstehende sehr starke Zähne an der einen Scheibe, welche in entsprechende Vertiefungen der andern einpassen. Die Hülse der beweglichen Scheibe ist mit einer Nuth versehen, in welche ein am Ende eines Hebels angebrachter Ring eingreift, so dass durch Drehung dieses Hebels die Kuppelung aufgehoben oder wieder hergestellt werden kann.


Fig. 777.

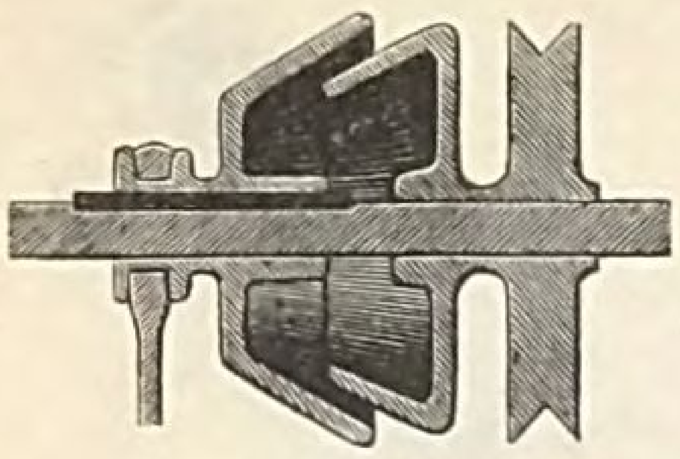


Fig. 778.

17) **Reibungskuppelung.** Da bei Uebertragung größerer Kräfte durch den beim Herstellen der Kuppelung eintretenden heftigen Stoß die Zähne der Kuppelung oder andere Theile beschädigt werden könnten, so combinirt man mit der Zahnkuppelung gewöhnlich die Reibungskuppelung. Die beiden Achsen werden nämlich mit conisch in einander eingreifenden Scheiben versehen, welche längs der in Contact kommenden Ränder mit Holz, Leder und dergl. überzogen sind, so dass sie beim Schließen der Kuppelung zunächst noch etwas aneinander gleiten und keinen heftigen Stoß erzeugen. Sind dann die Umlaufsgeschwindigkeiten gleich geworden, so kann man die Klauenkuppelung schließen und die Reibungskuppelung, welche des nöthigen Druckes wegen viel Kraft absorbirt, wieder lösen.

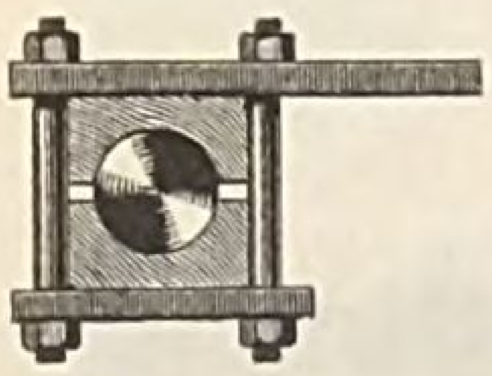


Fig. 779.

18) **Backenbremse.** Um eine umlaufende Achse in ihrer Bewegung mehr oder minder zu hindern oder auch Drehung ganz unmöglich zu machen, klemmt man sie zwischen zwei Backen aus Holz, welche wie Lagerschalen in einer entsprechenden Führung laufen. Durch Anziehen der Schrauben kann der Reibungswiderstand beliebig erhöht werden.

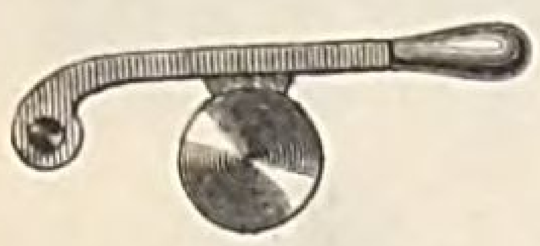


Fig. 780.

19) **Einschalige Bremse.** Analog kann auch eine rotirende Scheibe, ein Rad und dergl. gebremst werden, nur genügt schon eine der Backen, ja häufig wird nur ein kleiner Theil einer solchen angewandt und entweder mittels eines Hebels, einer Schraube oder einer andern Druckvorrichtung gegen die Peripherie des Rades angepresst.

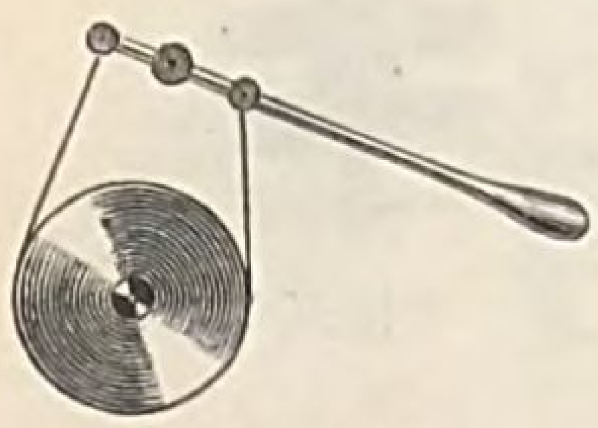


Fig. 781.

20) **Band- oder Gurtbremse.** Um Räder gegen sehr starke Kräfte zu bremsen, verwendet man ein umgelegtes Stahlband, welches durch Charniere mit einem Hebel in Verbindung steht und mittels desselben angezogen werden kann.

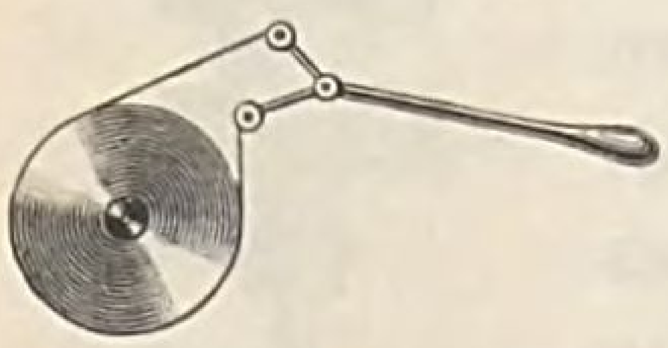
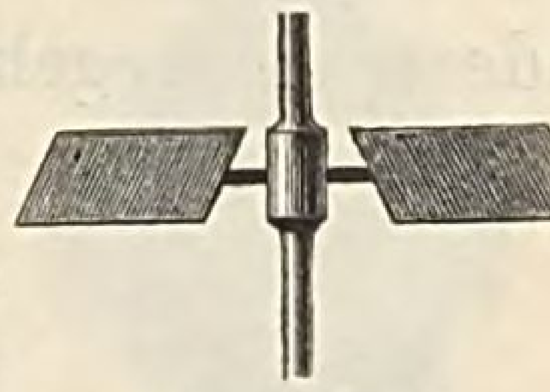


Fig. 782.

21) **Differentialbremse.** Da die Kraft, welche mittels eines einfachen Hebels ausgeübt werden kann, in manchen Fällen nicht zureicht, so gibt man dem System auch solche Einrichtung, dass das eine Ende des Stahlbandes vom Rande weggezogen, das andere genähert wird, wie die Figur zeigt.

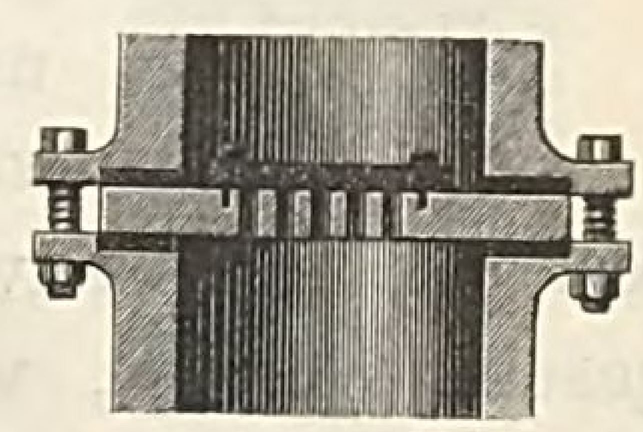
22) **Windflügel.** Zur Einschränkung allzurascher Rotationsgeschwindigkeiten wie bei Uhrwerken dienen seitlich an die Achse angesetzte Flügel, welche die Luft mitnehmen und dadurch Reibung erzeugen. Indem man sie mehr oder weniger schief stellt, kann der Widerstand vermehrt oder vermindert werden. Bei Elektrometern und dergl. verwendet man analog zur Dämpfung der Schwingungen ein leichtes Blechblättchen, welches in eine Flüssigkeit eintaucht und seine Bewegung an dieselbe abgibt. Die Dämpfung schwingender Magnete durch umgebende Kupferhülsen mag ebenfalls, obschon auf anderen Prinzipien beruhend, hier Erwähnung finden.


Fig. 783.

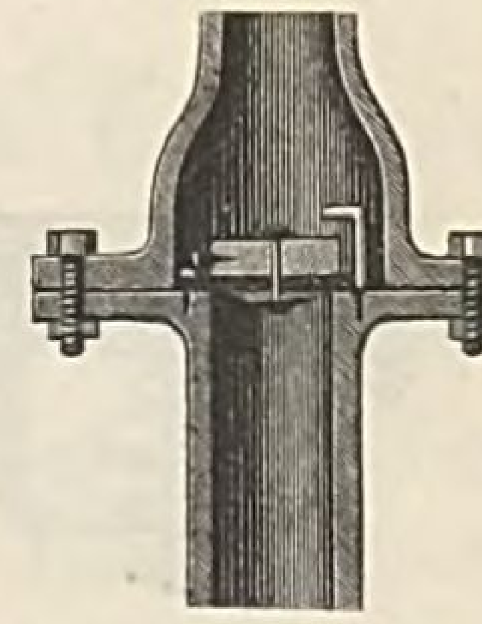
Auch die Dämpfung von Bewegungen durch einen in einem mit Luft oder Flüssigkeit gefüllten Cylinder beweglichen Kolben und die rasche Bremsung durch verschiedenartige federnde Puffer mag noch eben erwähnt werden.

XXIV. Hähne und Ventile.

1) **Kautschukventil.** Aehnlich wie eine Zahnstange mit Sperrkegel oder eine glatte Stange mit sperrendem Gummiball oder Gummirolle nur Bewegung im einen Sinne zulässt, so gestattet eine Rohrleitung mit eingefügtem Ventil nur Strömung im einen, nicht im entgegengesetzten Sinn. Handelt es sich um Strömung von Luft oder Gas, so genügt häufig, falls nicht besonders hohe Druckdifferenzen in Betracht kommen, ein über einen oder mehrere Schlitze einer eingeschalteten Zwischenwand (Diaphragma) gespannter Kautschuk- oder Lederstreifen, welcher bei Druck von Seiten des Schlitzes abgedrückt, bei entgegengesetztem angedrückt wird. Bei Kautschukschläuchen genügt oft ein kurzer Längsschnitt als Ventil, wenn es sich, wie bei Bunsen's Wasserluftpumpe, darum handelt, einen Ueberdruck zu vermeiden. Wird die Luft im Schlauch verdünnt, so schließt sich der Schnitt, wird sie dagegen comprimirt, so öffnet er sich und lässt den Ueberschuss entweichen. Um das Eindrücken des Schlauches zu vermeiden, wird ein Glasstäbchen eingelegt, welches den Querschnitt nicht ganz ausfüllt.


Fig. 784.

2) **Klappenventil.** Um den als Ventil dienenden Lederstreifen gegen starken Druck widerstandsfähig zu machen, verleiht man ihm durch ein aufgeklebtes Brettchen oder Metallblättchen die nöthige Steifigkeit. Da hierdurch gleichzeitig die Beweglichkeit eingeschränkt


Fig. 785.

wird, so wird es nur noch auf einer Seite befestigt oder erhält geradezu ein regelrechtes Gelenk.

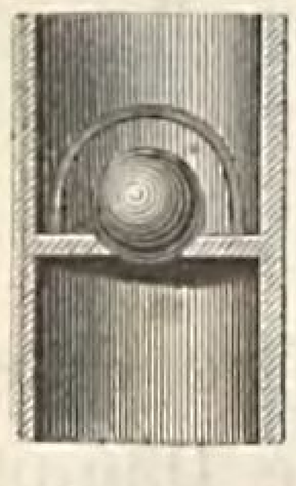


Fig. 786.

3) **Kugelventil.** Kautschuk wird bald brüchig oder schmierig oder quillt in ölartigen Flüssigkeiten auf, Leder zieht sich in heißem Wasser zusammen. Weit dauerhafter als Kautschuk- und Lederventile sind deshalb solche, welche ganz aus Metall bestehen. Ein sehr einfaches derartiges Ventil kann mit einer Kugel hergestellt werden, für welche in dem Diaphragma eine genau anpassende Oeffnung, Sitz, hergestellt wird.

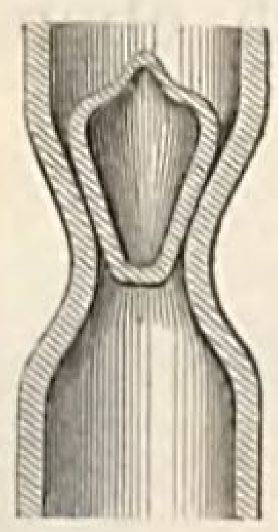


Fig. 787.

4) **Kegelventil.** Kugelventile berühren den Sitz nur längs einer sehr schmalen Zone und bieten deshalb namentlich bei dünnen Flüssigkeiten nur geringe Dichtung. Bei Apparaten, an welche also in dieser Richtung höhere Anforderungen gestellt werden, wird die Kugel durch einen stumpfen Kegel ersetzt, welcher genau in seinen Sitz eingeschliffen wird. Die Berührungsfläche und damit die Dichtung wird hierdurch beträchtlich vermehrt. Allerdings klemmt sich das Ventil auch leicht fest und muss zuweilen durch eine besondere Vorrichtung in Bewegung gesetzt werden, wie z. B. bei der Ventilluftpumpe durch einen langen Stiel, welcher mit Reibung durch den Kolben hindurchgeht und von diesem bis zu einer Hemmung mitgeführt wird.

Soll das Ventil sehr starkem Druck Widerstand leisten, so wird es aus Ebonit verfertigt. Bei Luftpumpen stellt man zuweilen den Sitz oder Mantel des Ventils aus Leder her.

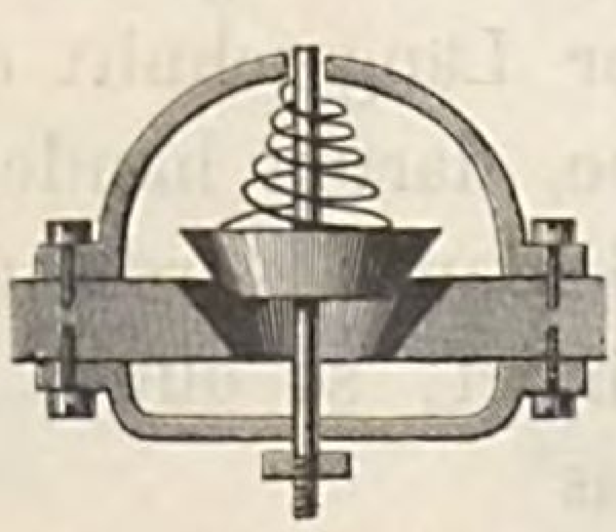


Fig. 788.

5) **Ventil mit Schliefsspannung.** Soll ein Ventil, wie das bekannte Sicherheitsventil, erst bei einem bestimmten Ueberdruck sich öffnen, so beschwert man es mittels eines Gewichtes oder einer gespannten Feder, gewöhnlich unter Verwendung einer Hebelübersetzung.

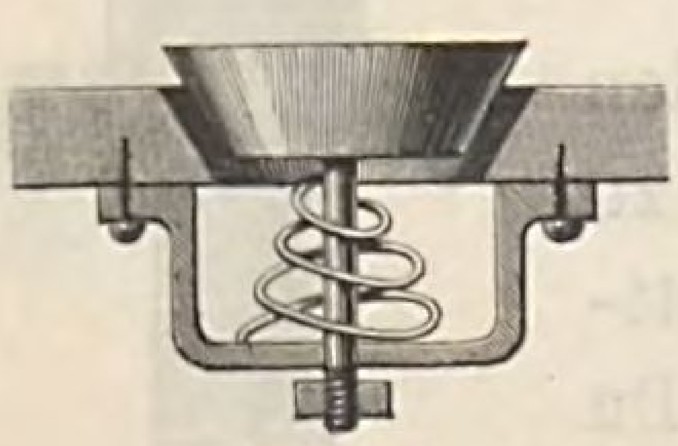


Fig. 789.

6) **Ventil mit Oeffnungsspannung.** Eine von unten drückende Feder kann dazu dienen, das Eigengewicht des Ventils zu compensiren, so dass es sich schon bei dem geringsten Unterdruck öffnet oder dass es sich überhaupt erst bei einem bestimmten Ueberdruck schließt.

7) **Plattenventil.** Größere Ventile kann man auch in einfacher Weise dadurch erhalten, dass man das Diaphragma siebartig durchlöchert, eben schleift und als Ventil eine gleichfalls eben geschliffene Platte verwendet, welche die Oeffnungen überdeckt. Ein solches Ventil bietet indess keine große Sicherheit hinsichtlich des dichten Schlusses und ist nicht zu empfehlen.

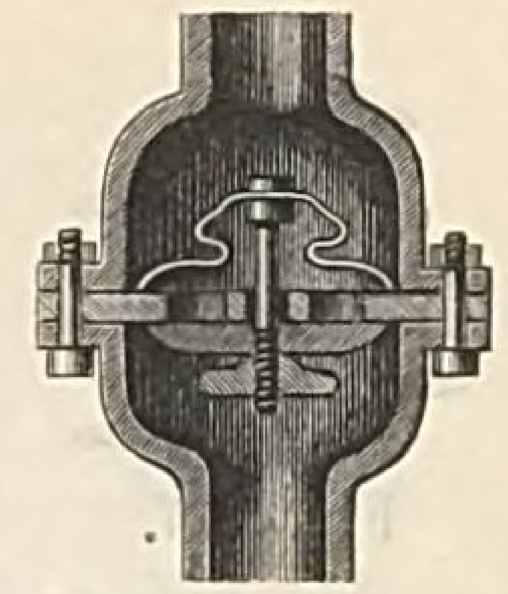


Fig. 790.

8) **Ventil mit Spannvorrichtung.** Zuweilen ist es wünschenswerth, die Kraft, mit welcher ein Ventil dem Ueberdrucke widersteht, innerhalb gewisser Grenzen ändern zu können. Man versieht dasselbe dann mit einem etwas langen Stiel, welcher mit Gewinde und Mutter (eventuell Gegenmutter) versehen ist, mit Hülfe deren die gespannte Feder zusammengedrückt oder abgespannt werden kann.

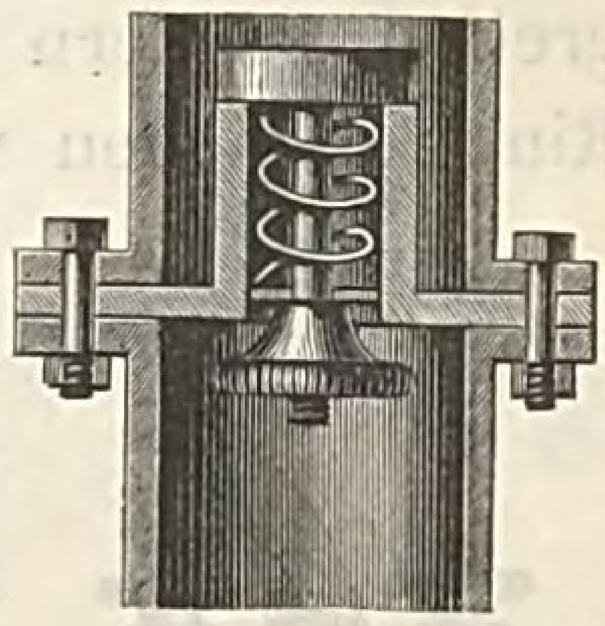


Fig. 791.

9) **Leicht zugängliches Ventil.** Alle Ventile müssen derart in der Leitung angebracht sein, dass sie leicht zugänglich sind, so dass, falls Verstopfung oder Undichtwerden durch Theilchen, die auf Ventil oder Sitz ankleben, eintreten sollte, die Reinigung ohne weitere Schwierigkeit vorgenommen werden kann. Eine derartige leicht zugängliche Anordnung zeigt die Figur. Es ist nur nöthig, den Deckel abzuschrauben, um das Ventil ohne weiteres bloßzulegen. In manchen Fällen bringt man die Ventile in einem Zapfen an, der wie ein Hahnzapfen in eine Erweiterung der Rohrleitung eingesetzt ist.

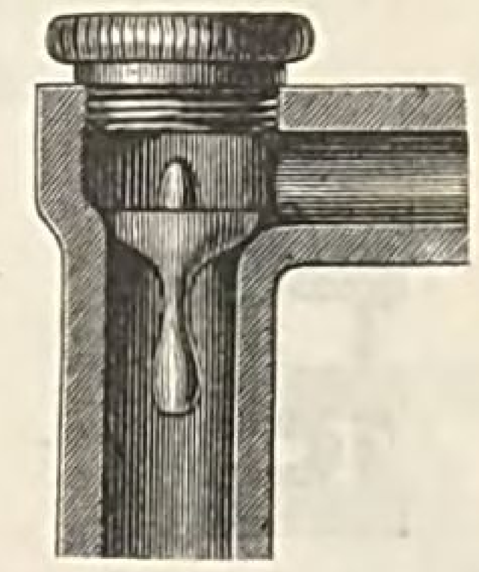


Fig. 792.

10) **Regulir-Ventile.** Zur Regulirung des Gasdrucks bei Gasleitungen dienen Ventile, welche durch eine in Folge des Ueberdrucks gegen die Atmosphäre sich ausbauchende Membran selbstthätig geschlossen werden, sobald dieser Ueberdruck die gewünschte Grenze überschreitet. Gewöhnlich wird zwischen Deckel und Membran eine Spiralfeder angebracht, welche mittels einer Schraube mehr oder weniger gespannt werden kann, um dadurch den Apparat auf einen bestimmten Druck einstellen zu können. Auch durch eine in Folge des Ueberdrucks sich hebende Gasometerglocke kann die Oeffnung oder Schließung bewerkstelligt werden. Bei Wasserreservoiren verwendet man Hähne, deren Griff mit einem Schwimmer, d. h. einer auf der Wasseroberfläche schwimmenden Hohlkugel in Verbindung steht und den Hahn schließt, sobald der Schwimmer einer bestimmten maximalen Höhe sich nähert.

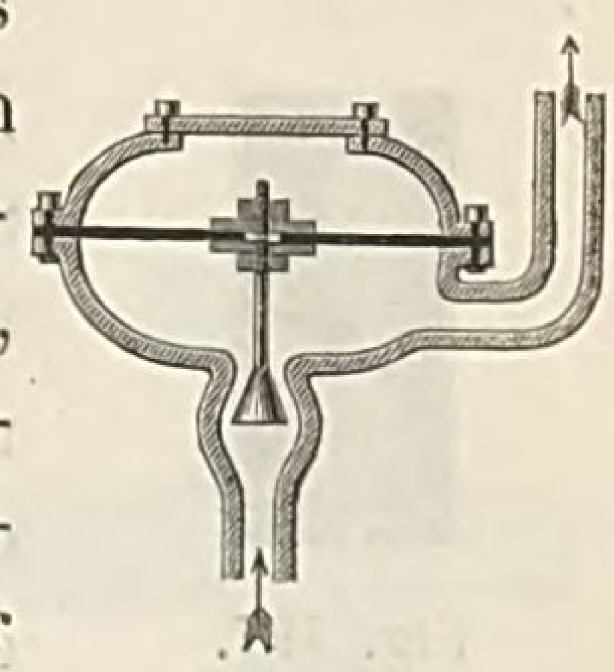


Fig. 793.



Fig. 794.

11) **Schlauchklemme.** Um die Flüssigkeitsströmung völlig zu unterbrechen, dient im einfachsten Falle eine federnde Klemme, welche an ein in der Leitung eingeschaltenes Stückchen Kautschukschlauch so angelegt wird, dass dieses zusammengepresst wird und die Flüssigkeit nicht mehr durchlässt. Soll die Bahn zuweilen ganz freigegeben werden, so lässt man die Schenkel der Klemme nicht wie bei der abgebildeten Klemme übereinandergreifen, sondern parallel verlaufen, so dass der Schlauch leicht in den Ring geschoben werden kann und somit nicht mehr gedrückt wird.



Fig. 795.

12) **Quetschhahn mit 2 Schrauben.** Eine an einen Kautschukschlauch angelegte Schraubenklemme kann auch dazu dienen, den Schlauch mehr oder minder zusammenzupressen, um die Strömung einzuschränken, gewissermaßen zu bremsen. Zweckmäßig ist es, wenn wenigstens die eine Schraube sich um ein Charnier drehen und so zur Seite biegen lässt, so dass man die Klemme leicht an den Schlauch ansetzen oder von demselben wieder abnehmen kann.



Fig. 796.

13) **Quetschhahn mit einer Schraube.** Eine Klemme mit nur einer Schraube bietet den Vortheil, dass man die beabsichtigte Quetschung rascher erreicht, sie ist außerdem leichter anzufertigen, lässt sich indess nicht seitlich an den Schlauch ansetzen und wirkt weniger zuverlässig, da sich das angepresste Querstäbchen leicht schief stellt. Bei verbesserten Constructionen lässt sich die Klemme unten öffnen, so dass sie doch seitlich angesetzt werden kann.

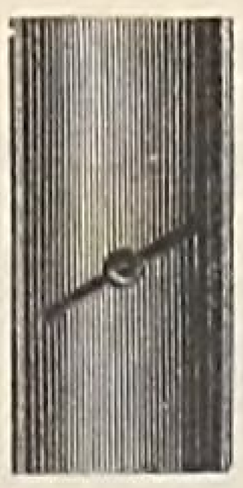


Fig. 797.

14) **Drosselklappe.** Um in weiteren Röhren die Strömung mehr oder weniger zu bremsen, ohne völligen Schluss herzustellen, dient eine um einen Durchmesser drehbare Scheibe, welche den Querschnitt der Röhre nahezu oder völlig ausfüllt. Als Klappe an Ofenröhren ist die Vorrichtung allgemein bekannt. Wenn nöthig, muss der zum Drehen dienende Stiel durch eine Stopfbüchse geführt werden.



Fig. 798.

15) **Drehscheibe.** Um an größeren Gefäßen, bei welchen nur geringes Gewicht auf dichten Schluss zu legen ist, rasch verschließbare Oeffnungen herzustellen, kann man halbkreisförmige Schieber verwenden, welche durch Drehen an einem daran befestigten Griff vor die gleichfalls halbkreisförmige etwas kleinere Oeffnung geschoben werden. Sehr empfehlenswerth sind dieselben nicht.

16) **Schieber.** Zum dichten Abschließen größerer Leitungen oder Gefäße dienen rechteckige, gut auf ihren Sitz aufgeschliffene Schieber, welche in der Regel mittels Schraube und Kurbel in Bewegung gesetzt werden können. Auch zum Absperren von offenen Kanälen und dergl. dienen derartige, allerdings nur aus Holz und minder sorgfältig gearbeitete Schieber.

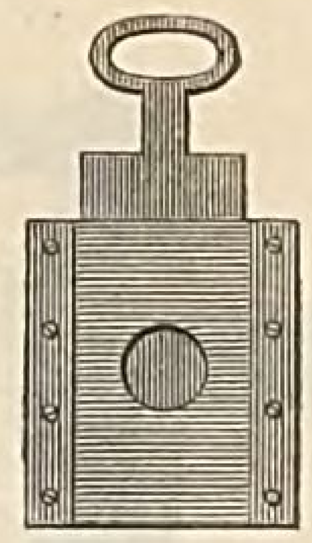


Fig. 799.

17) **Niederschraubhahn.** Durch zu rasches Schließen und Oeffnen der Hähne an Wasserleitungen erfolgen heftige, der Leitung nachtheilige Stöße, die nur durch Anbringen von kleinen Windkesseln in der Nähe der Hähne etwas gemildert werden können. Zweckmäßig verwendet man daher Hähne, welche nicht mit einem Ruck, sondern allmählich die Oeffnung abschließen. Sie bieten noch den Vortheil, dass man die Stärke des austretenden Strahls leicht reguliren kann. Die Schraube muss durch eine Stopfbüchse geführt werden, welche, der Einfachheit halber, in der Figur nicht angedeutet ist. Die Platte, welche die Oeffnung verschließt, ist mit einer Lederplatte bedeckt, die zeitweise erneuert werden muss.

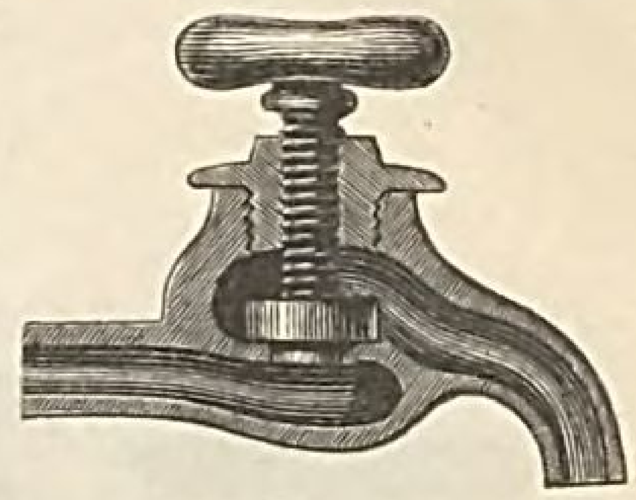


Fig. 800.

18) **Schraubhahn mit Conus.** Bei kleineren Hähnen und solchen, die hohe Temperatur auszuhalten haben, kann Leder keine Verwendung finden, man fertigt sie deshalb ganz aus Metall und ersetzt die Platte durch einen Conus nach Art eines Kegelventils. Wird das Gewinde der Schraube hinreichend sorgfältig gearbeitet und das Muttergewinde nicht zu kurz, so ist auch die Stopfbüchse entbehrlich. Bei sehr hohem Druck dichtet man die Verschraubung mit Wachs.

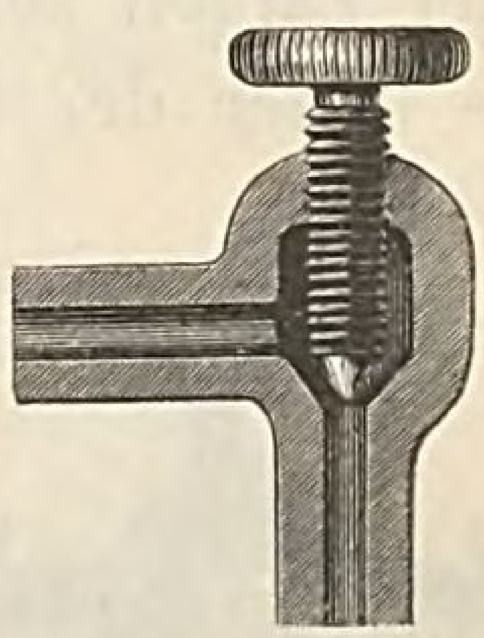


Fig. 801.

19) **Gashahn.** Zum Absperren von Luft- und Gasleitungen, auch von solchen Flüssigkeitsleitungen, die keinen hohen Druck auszuhalten haben, dienen die bekannten aus Messing, Eisen, Hartgummi oder Glas gefertigten Hähne mit drehbarem, querdurchbohrtem conischem Zapfen. Größere Hähne erhalten, um den Zapfen nicht zu sehr zu schwächen, eine längliche, schlitzartige Oeffnung, welche allmählich gegen die Enden des Hahnes zu in die runde Form übergeht. Bei Glashähnen wird die Oeffnung seltener durch Bohren in einen massiven Zapfen erzeugt, als durch Einlöthen eines Röhrchens in einen hohlen Zapfen, da gebohrtes Glas leicht ausspringt.

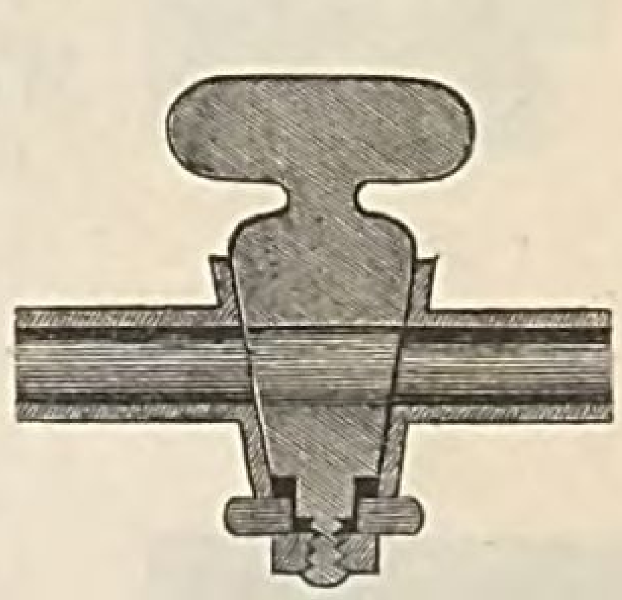


Fig. 802.

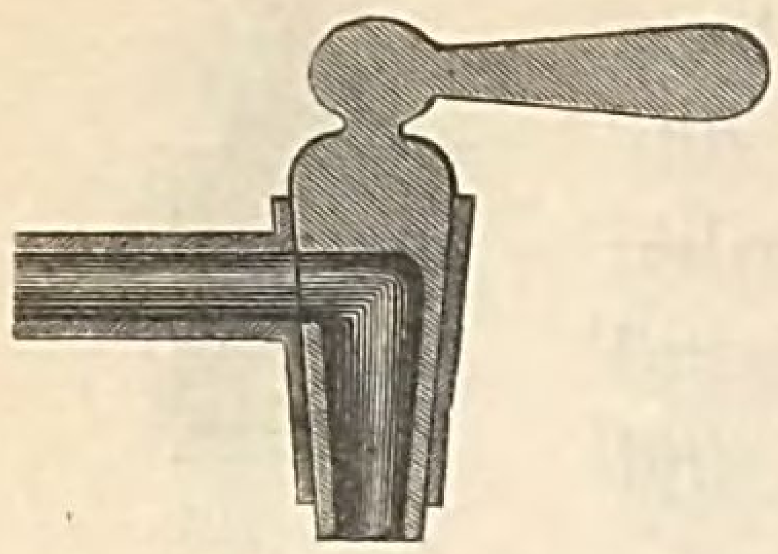


Fig. 803.

20) **Fasshahn.** Unter Umständen ist es zweckmäßig, die Flüssigkeit nicht durch den Hahnzapfen hindurch, sondern im Innern desselben herabfließen zu lassen, um so eine Rohrbiegung zu ersparen. Solche Hähne werden nur am Ende einer Leitung oder an einem Gefäße angebracht, da sich an den Zapfen keine weitere Leitung mehr ansetzen lässt. Auch aus Glas und Hartgummi werden Hähne dieser Art gefertigt, falls dieselben gegen Säuren widerstandsfähig sein sollen.

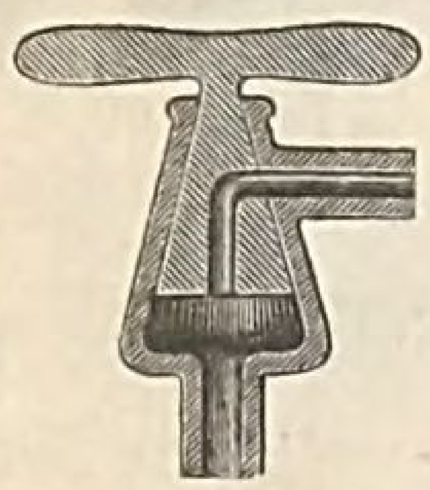


Fig 804.

21) **Selbstdichtender Hahn.** Wird ein Gashahn an einer Leitung angebracht, welche starken Druck auszuhalten hat, so muss der Zapfen durch Andrücken mit einer Feder (z. B. durch ein federndes Holz- oder Messingplättchen) gesichert werden, da er andernfalls herausgedrückt werden könnte. Messinghähne erhalten zur Sicherung eine Kopfschraube und Scheibe am dünneren Ende. Sollte auch dies nicht genügen, so kann man den Stiel am dünneren Ende anbringen und den Druck der Flüssigkeit auf das dickere Ende wirken lassen, so dass der Zapfen selbstthätig um so fester in die Höhlung eingepresst wird, je höher der Druck ansteigt.

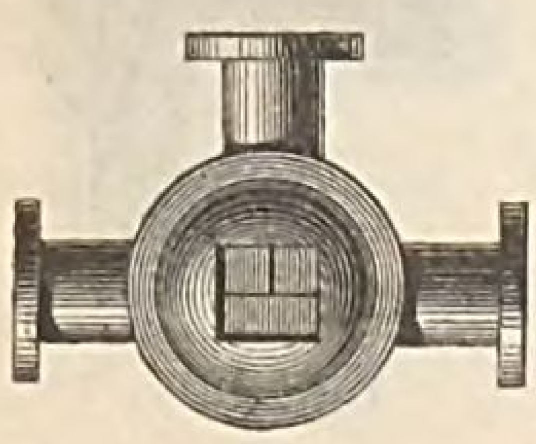


Fig. 805.

22) **Dreiweghahn.** Zwei und mehr neben einander einzuschaltende Hähne können häufig durch einen einzelnen ersetzt werden, dessen Zapfen zwei oder mehr Bohrungen erhält, zuweilen in verschiedener Höhe oder verschiedener Richtung. Das Arbeiten wird dadurch bequemer, die Sicherheit hinsichtlich des Dichthaltens aber geringer. An dem Griff muss auf irgend eine Weise der Verlauf der Bohrungen angedeutet sein.

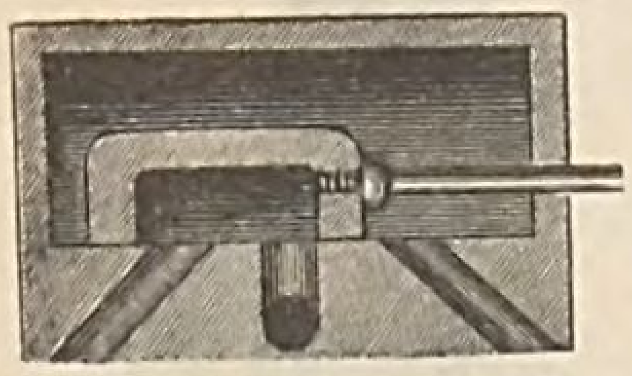


Fig. 806

23) **Dampfmaschinenschieber.** Auch ein Schieber kann so eingerichtet werden, dass er je nach seinen Stellungen verschiedene Zweige einer Leitung mit einander verbindet respektive abschließt. Eine sinnreiche Vorrichtung dieser Art ist der Schieber der Dampfmaschinen, welcher die Form eines Schüsselchens mit ebengeschliffenem Rande besitzt und auf der gleichfalls ebengeschliffenen Wandfläche des Schieberkastens gleitet. Auch cylindrisch geformte Schieber finden nicht selten Anwendung.

XXV. Interruptoren und Commutatoren.

1) **Klemmschraube für parallele Drähte.** Um die Verbindung zweier oder mehrerer elektrischer Leitungsdrähte rasch herstellen und wieder lösen zu können, dienen Klemmschrauben aus Messing mit der entsprechenden Zahl von Bohrungen, in welche die blankgeschabten Enden der Drähte eingesteckt und durch Schrauben festgehalten werden. Meist genügen gerändelte Kopfschrauben, für sehr starke Drähte verwendet man auch solche mit ringförmigen oder geschlitzten Köpfen, um sie mittels eines durchgesteckten Stifts oder eines Schraubenziehers fest anziehen zu können.

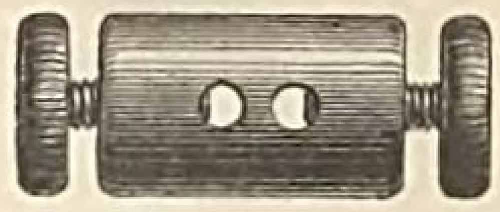


Fig. 807.

2) **Klemmschraube für Verlängerung.** Die gewöhnlichen Klemmschrauben haben den Uebelstand, dass die zu verbindenden Drähte nicht in gleiche Linie zu liegen kommen, was allerdings meist ohne Belang, zuweilen aber doch störend ist. Wenn nöthig, ersetzt man sie deshalb durch solche, die in der Richtung der Achse durchbohrt sind. Um den Schrauben hinreichenden Halt zu geben, wird nicht selten die Bohrung excentrisch angebracht, so dass der die Schrauben aufnehmende Theil beträchtlich dicker ist als der andere.

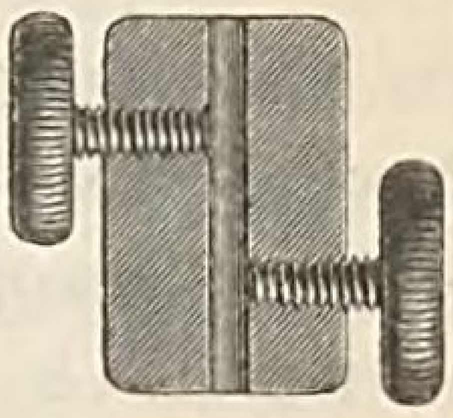


Fig. 808.

3) **Klemmschraube für Streifen.** Um Blechstreifen für elektrische Leitungen zu verbinden, gestaltet man die Enden derselben gabelförmig, schabt sie blank und schraubt sie nun durch eine Kopfschraube mit Mutter fest zusammen. Die Schlitze der beiden Enden werden gerade so groß gewählt, dass der Bolzen der Schraube eben eingeführt werden kann.



Fig. 809.

4) **Doppelte Klemmschraube für Streifen.** Die vorige einfache Klemme hat den Nachtheil, dass beim Lösen der Mutter gleichzeitig beide Blechstreifen frei werden. Um dies zu hindern, kann man den einen Streifen an Stelle eines Schlitzes mit einem Loch versehen, durch welches die Schraube durchgesteckt wird, oder man kann jeden Blechstreifen durch eine besondere Mutter befestigen.

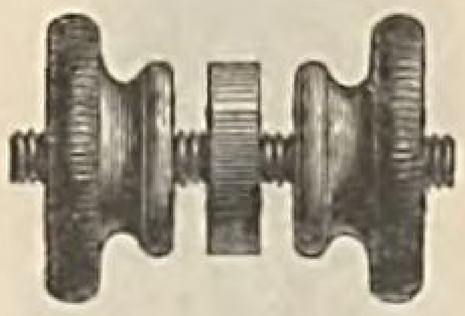


Fig. 810.

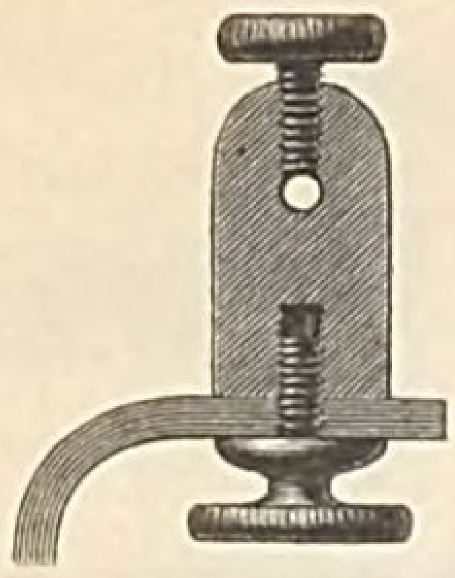


Fig. 811.

5) **Verbindung von Draht und Blech.** Zur Verbindung von Draht und Streifen wird die Klemmschraube unsymmetrisch gestaltet, so dass sie einerseits einer solchen für Drähte gleicht, andererseits mit einer Mutter zur Befestigung von Blechstreifen versehen ist oder auch mit einer Kopfschraube, deren Ansatz die Stelle der Mutter vertritt.

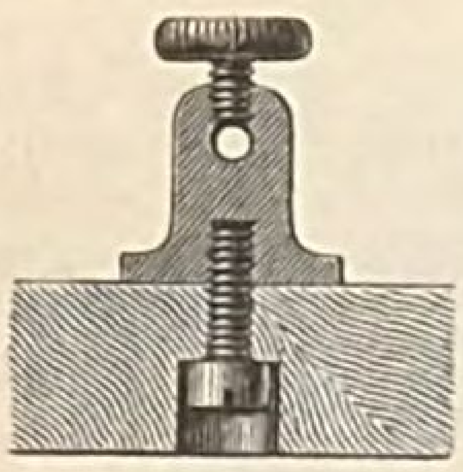


Fig. 812.

6) **Verbindung einer Platte mit Draht.** Klemmschrauben, welche an einem Apparate fest angebracht werden sollen, erhalten einen mit Gewinde versehenen Zapfen zum Einschrauben und werden zweckmäßig durch eine Gegenmutter gesichert. Einfacher ist das Anschrauben mittels einer gewöhnlichen Kopfschraube, doch muss man dann die Basis rauh machen oder besser mit einem oder zwei in die Unterlage einpassenden Stiften versehen, um eine Drehung der Klemmschraube, welche beim Ein- oder Ausschalten eines Drahtes eintreten und die Befestigung lockern könnte, möglichst zu vermeiden. Die Fortsetzung der Leitung von der Klemmschraube ab geschieht, sofern sie dauernd sein soll, in der Regel von der Befestigungsschraube aus, indem man mit dieser gleichzeitig auch den zu einer Oese gebogenen Draht anpresst.

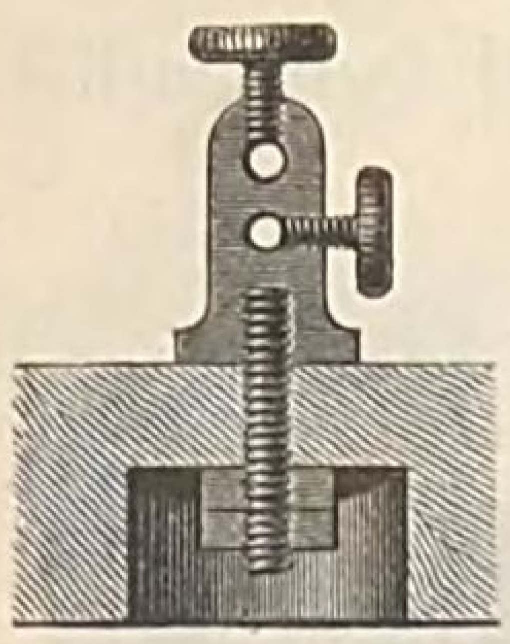


Fig. 813.

7) **Stehende doppelte Klemmschraube.** Sind zwei oder mehr Drähte in eine stehende Klemmschraube einzuschalten, so bringt man gewöhnlich eine der Schrauben oben, die andern auf der Seite an und wählt den Durchmesser des Säulchens hinreichend gross, um für die Seitenschrauben das Gewinde in der nöthigen Länge einschneiden zu können.

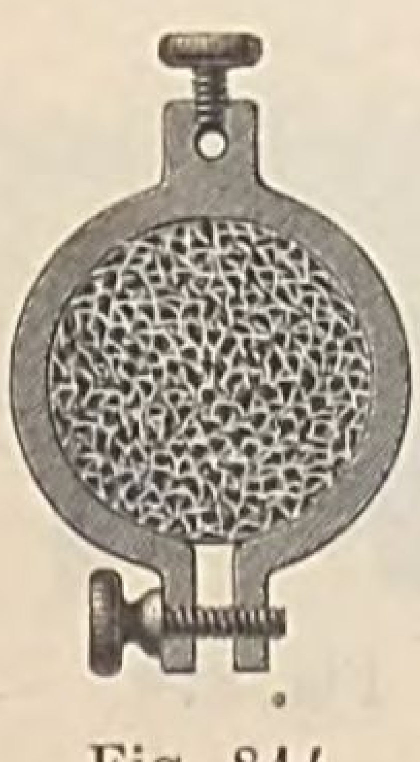


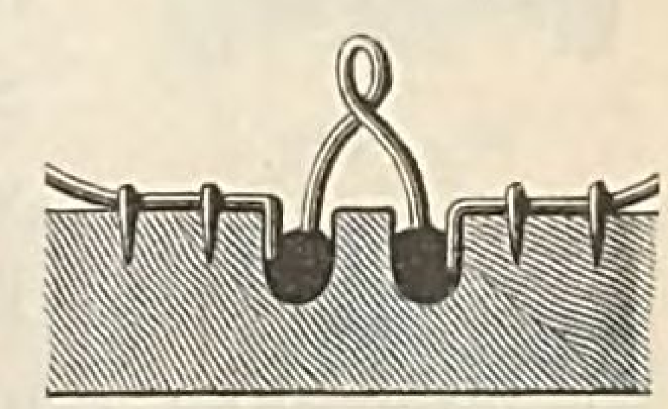
Fig. 814.

8) **Verbindung eines Cylinders mit Draht.** Kohlenstäbe, welche mit Leitungsdrähten in Verbindung gesetzt werden sollen, erhalten eine leicht abnehmbare, gewöhnlich ringförmig gestaltete Messing- oder Kupferfassung, welche durch eine Schraube fest angezogen werden kann. Auf die Contactfläche wird zweckmäßig Platin aufgelöthet. Jedenfalls muss dieselbe stets rein erhalten werden, und falls Eindringen von Flüssigkeiten in die Poren der Kohle zu befürchten ist, hindert man dies, indem man den oberen Theil der Kohle mit Paraffin oder Wachs tränkt.

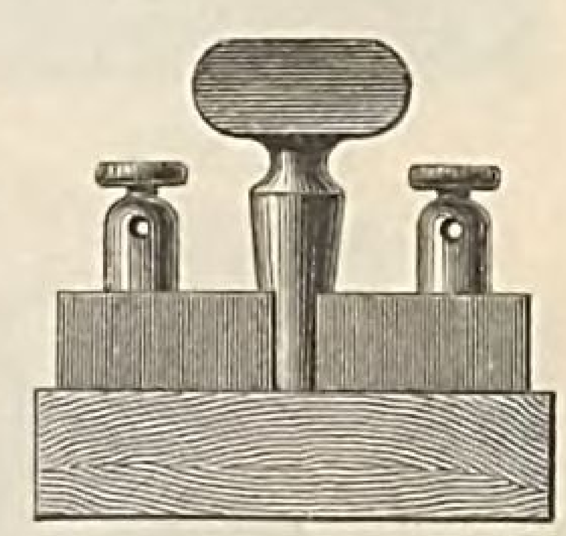
9) **Verbindung eines Prismas mit Draht.** Für die Kohlenstäbe der galvanischen Batterien sind messingene Schraubzwingen in Gebrauch, bei welchen der durch die Schraube angepresste Theil in einem Schlitz verschiebbar und oben mit Gewinde und Mutter versehen ist, um dort einen zur Leitung dienenden Blechstreifen oder Draht anfügen zu können. Einfacher nimmt man conische Quecksilbernäpfe, welche in eine Bohrung der Kohle einpassen.


Fig. 815.

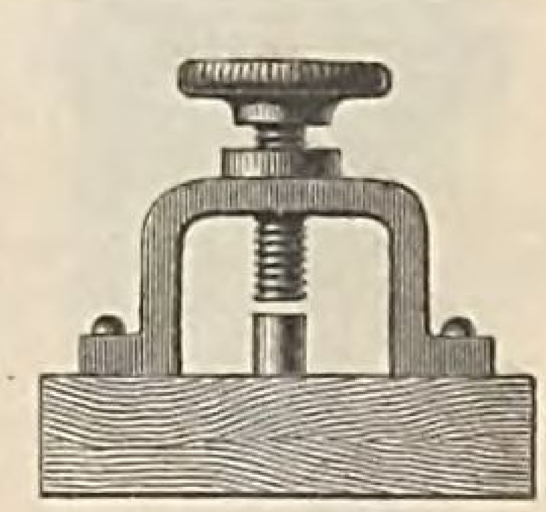
10) **Quecksilbernäpfe mit Bügel.** Die Contacte fester Metalle haben den Nachtheil, dass die Berührung nie eine ganz zuverlässige und innige ist, so dass bei feineren Messungen leicht Störungen eintreten können. Man vermeidet solche durch Anwendung eines Quecksilbernapfes an Stelle der Klemmschraube. Als Quecksilbernapf dient ein gläsernes oder eisernes Näpfchen, oder auch einfach eine mit Quecksilber gefüllte Vertiefung in einer Platte. Indem man zwei solcher Quecksilbernäpfe durch einen Bügel verbindet, erhält man einen einfachen Interruptor oder Stromunterbrecher. Bei stärkeren Strömen muss das Quecksilber mit Wasser oder Alkohol bedeckt werden.


Fig. 816.

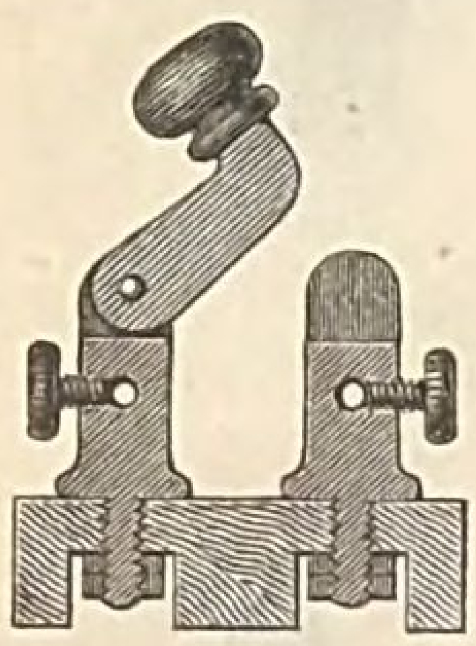
11) **Stöpselcontact.** Eine ziemlich sichere Verbindung liefert auch ein conischer, zwischen zwei entsprechend gehöhlte Metallklötze eingesetzter Stöpsel. Man bohrt die Löcher für diese Stöpsel zuerst, solange die Klötze noch ein Stück bilden, reibt sie mit einer passenden conischen Reibahle aus, schleift die Stöpsel ein und schraubt das Ganze vorläufig auf die Holz- oder Ebonitplatte auf, schraubt wieder ab, sägt nun die Klötze auseinander, bearbeitet sie vollständig und schraubt dann wieder auf Da durch das vorgängige Aufschrauben die Löcher sich bereits an richtiger Stelle befanden, müssen die Stöpsel nunmehr in ihre Löcher wieder genau einpassen.


Fig. 817.

12) **Schraubencontact.** Ein anderer, sehr guter Contact ist der Schraubencontact, bei welchem die Spitze einer Schraube mit einer Platte in innige Berührung gebracht wird. Um die Berührungsfläche zu vergrößern, nimmt man zweckmäßig die Schraube ziemlich dick, dreht deren Spitze nach Art eines Schraubhahns conisch ab und lässt sie in eine entsprechende Vertiefung eingreifen. Da bei starken Strömen durch Verbrennen des Metalls am Contactpunkte ein solcher Contact bald Noth


Fig. 818.

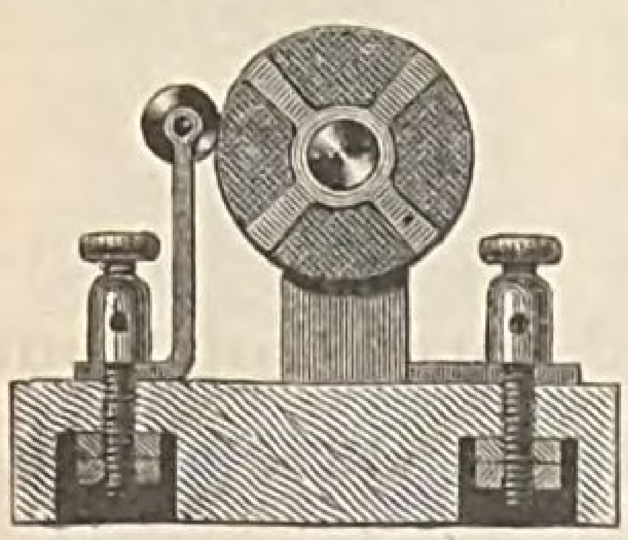
leiden würde, so schaltet man außerdem in einen Nebenschluss einen zweiten ein, der beim Oeffnen des ersten zunächst noch geschlossen bleibt.


Fig. 819.

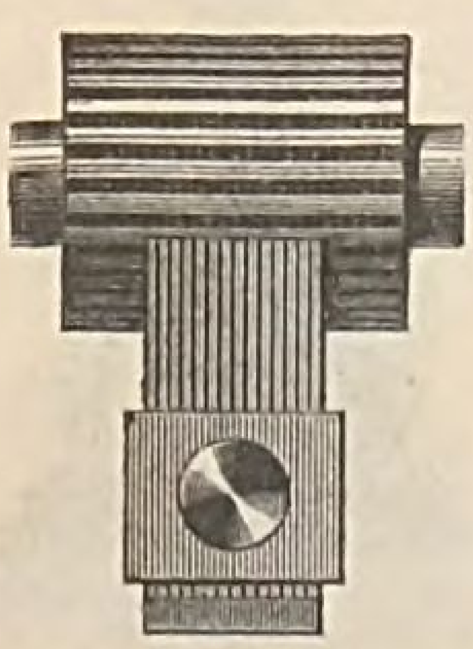
13) **Schlüssel.** Ein einfacher und handlicher, wenn auch weniger als die vorigen zuverlässiger Contact wird erhalten, indem man einen mit Griff versehenen Hebel so an einem mit dem anderen Pol in Verbindung stehenden metallenen Säulchen anbringt, dass er beim Niederdrücken an dasselbe anstreift und mit einigermaßen beträchtlicher Spannung gegen dasselbe federt. Soll der Contact rasch und ohne Anstrengung erfolgen, während es nicht gerade auf sehr innige Berührung ankommt, wie bei den Schlüsseln der Telegraphenleitungen, so lässt man einfach das warzenförmige Ende des Hebels gegen eine warzenförmige Erhöhung der Unterlage anstoßen. Um den Hebel wieder zu heben, wird eine Feder angebracht, so dass der Contact nur so lange währt, als man auf den Griff drückt.


Fig. 820.

14) **Schleiffeder.** Bei kleinen elektrischen Motoren, bei welchen jeweils nach einer halben Umdrehung der Achse der Strom für einen Moment geschlossen werden soll, wird dies dadurch bewirkt, dass man die Achse mit zwei Nocken versieht, welche abwechselnd an eine Feder anstreifen. Die Achse wird mit dem einen, die Feder mit dem andern Pol verbunden.

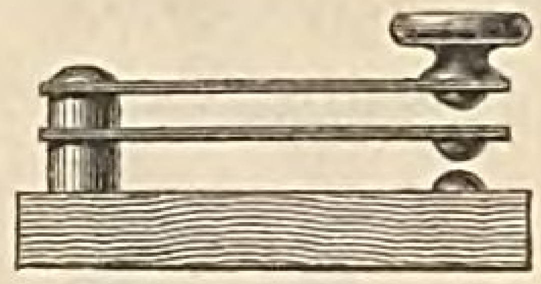

Fig. 821.

15) **Contacträdchen.** Soll der Strom rasch nacheinander vielmal unterbrochen werden, so benutzt man ein Zahnrad, gegen dessen Zähne eine Feder schleift (sogenanntes Blitzrad), oder man füllt die Zahnlücken durch eine isolirende Substanz (Ebonit) aus und drückt mittels einer Feder ein kleines Röllchen, welches zweckmäßig aus Platin gefertigt wird, dagegen an.

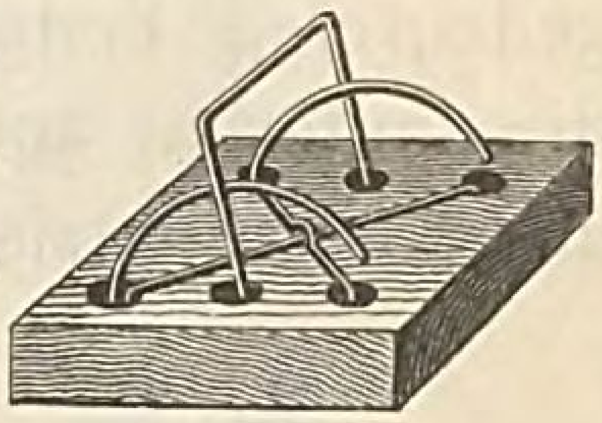

Fig. 822.

16) **Drahtbürste.** Sicherer als durch eine Feder wird namentlich bei starken Strömen die Ableitung des Stromes bewirkt durch eine Drahtbürste. Die Vereinigung der Drähte geschieht durch Verlöthen, indem man sie zunächst zu einem flachen Pinsel zusammenpresst und dann am einen Ende mittels des Löthkolbens Zinn aufträgt und einfließen lässt und das überschüssige schließlich wieder abfeilt.

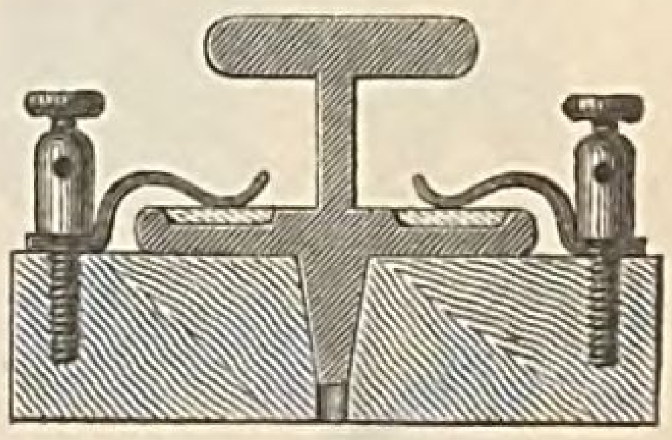
17) **Doppeltaster.** Soll unmittelbar nach Herstellung eines Stromschlusses ein zweiter Strom geschlossen werden, so verwendet man einen Taster, zwischen dessen beide Contactwarzen eine federnde isolirte, gleichfalls mit Warze versehene Lamelle eingeschoben ist, welche beim Niederdrücken des Hebels zuerst mit demselben in Contact kommt und dadurch den einen Stromschluss vermittelt. Wird nunmehr der Hebel und damit die Lamelle weiter heruntergedrückt, so kommen auch die anderen Warzen zur Berührung, somit wird auch der zweite Stromkreis geschlossen.


Fig. 823.

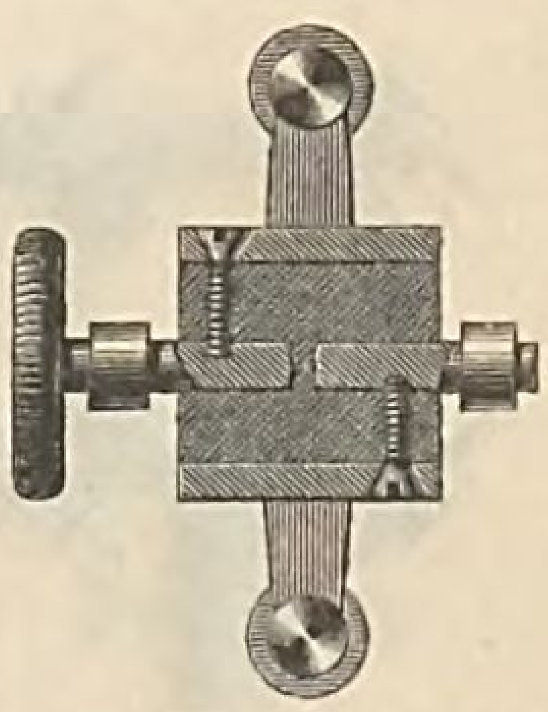
18) **Wippe.** Eine einfache Vorrichtung zur Umkehrung der Stromesrichtung in einem Schließungskreise ist die aus sechs Quecksilbernäpfen und einem Drahtgestell hergestellte Wippe. Die Mitte des Drahtgestells ist aus isolirendem Stoff hergestellt, so dass dasselbe also aus zwei in elektrischer Beziehung getrennten dreistrahligen Gabeln besteht. In die mittleren Zinken dieser Gabeln, resp. deren Näpfe, wird der Strom eingeleitet. Durch die zwei vorderen oder hinteren Näpfe fließt er ab. Je nachdem nun die Gabeln mit der rechten oder linken Zinke in die Näpfe eintauchen, fließt dem einen oder andern der Ableitungsnäpfe die positive Elektricität zu.


Fig. 824.

19) **Scheibencommutator.** Die Anwendung von Quecksilbernäpfen wird durch die allmählich erfolfolgende Oxydation des Quecksilbers, die der Gesundheit schädliche Verdampfung desselben bei starken Strömen und die Gefahr der Beschädigung von Apparaten durch Amalgamiren für die meisten Arbeiten sehr unbequem, so dass man gewöhnlich die weniger zuverlässigen Commutatoren ohne Quecksilber vorzieht. Einen einfachen Commutator dieser Art kann man durch Einfügen isolirender Sectoren und Ab- und Zuleiten des Stromes mittels Federn herstellen, wie es die Figur andeutet.


Fig. 825.

20) **Walzencommutator.** Sehr bequem ist der bei Inductionsapparaten gebräuchliche, aus einer Ebonitwalze mit aufgeschraubten messingenen oder kupfernen Wülsten hergestellte Commutator. Der Strom fließt diesen Wülsten durch Contactfedern zu, geht dann von denselben durch die Schrauben zu den von einander isolirten metallenen Hälften der Achse und von diesen durch die Lager zu den Klemmschrauben. Nach Drehung


Fig. 826.

um 180° wird jeder Achse die entgegengesetzte Elektricität wie zuvor zugeführt.

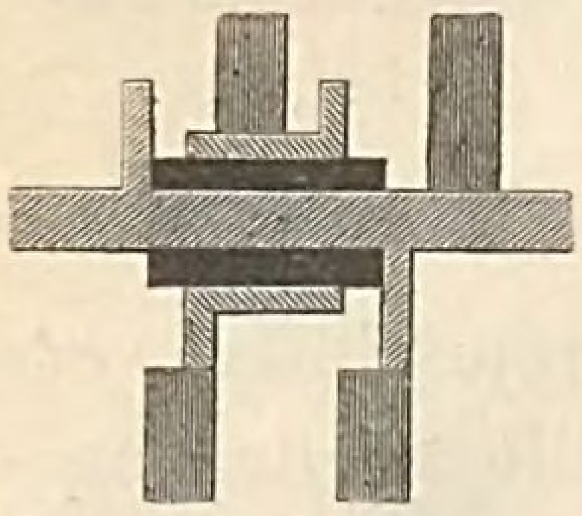


Fig. 827.

21) **Spulencommutator.** Ein anderer praktischer Commutator ist der bei den magneto-elektrischen Maschinen gebräuchliche, aus zwei conaxialen, durch eine Ebonitschicht getrennten Metallspulen bestehend, von welchen die innere vorragt. Die Ränder der Spulen sind gleichhoch abgedreht und abwechselnd zur Hälfte abgenommen, so dass die Contactfedern nach einer Drehung um 180° ihre Hülsen wechseln. Wird nun den letzteren durch Drähte längs der Achse oder die in der Figur oben angedeuteten Federn stets die gleiche Elektricität zugeführt, so erhalten die (unteren) auf den Rändern schleifenden Federn alternirend entgegengesetzte Elektrisirung und umgekehrt bei wechselnder Zufuhr gleiche.

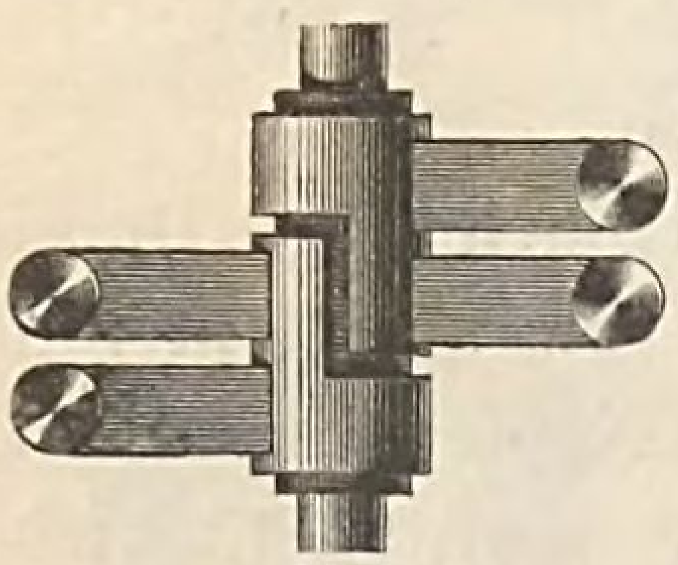


Fig. 828.

22) **Hülsencommutator.** Sehr einfach und brauchbar ist endlich ein ebenfalls bei magneto-elektrischen Maschinen gebräuchlicher Commutator, aus zwei auf eine isolirende Walze befestigten Hülsen bestehend, welche zur Hälfte eingeschnitten und nur durch einen schmalen Zwischenraum getrennt sind. Die beiden äußeren Federn führen den Hülsen stets die gleiche Elektricität zu, die inneren empfangen jeweils nach Drehung um 180° die entgegengesetzte.

XXVI. Klemmen.



Fig. 829.

1) **Herz.** Zum Einklemmen runder Stäbe von verschiedener Dicke eignet sich besonders das beim Drehen gebrauchte Herz, d. h. ein einseitig zugespitzter, auf der gegenüberliegenden Seite gerundeter Rahmen. Durch eine Schraube wird der festzuhaltende Stab in den Winkel hineingedrängt und so fest eingeklemmt, oder umgekehrt das Herz am Stabe befestigt.

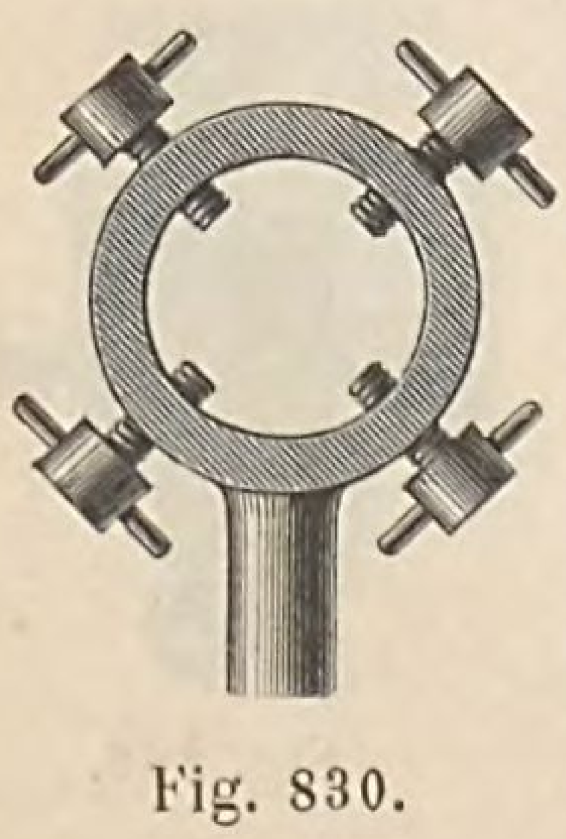
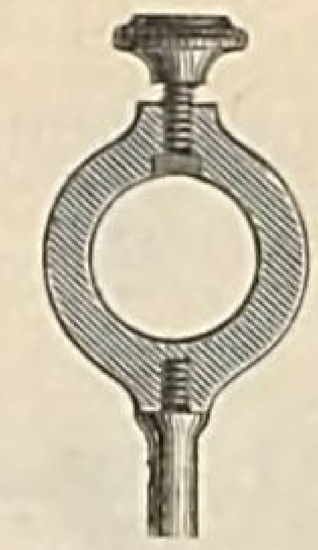
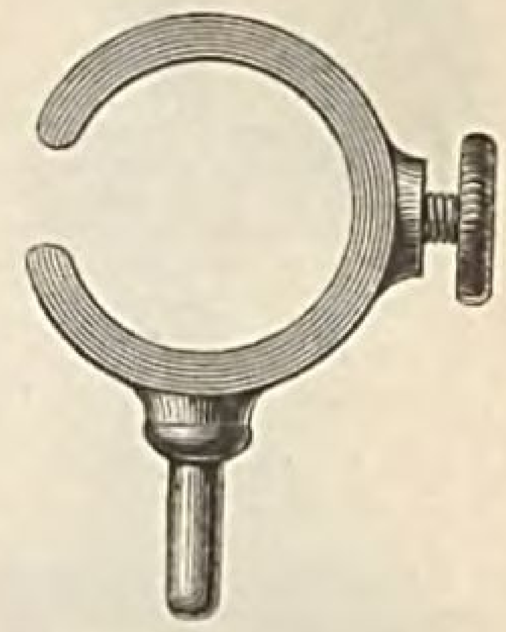


Fig. 830.

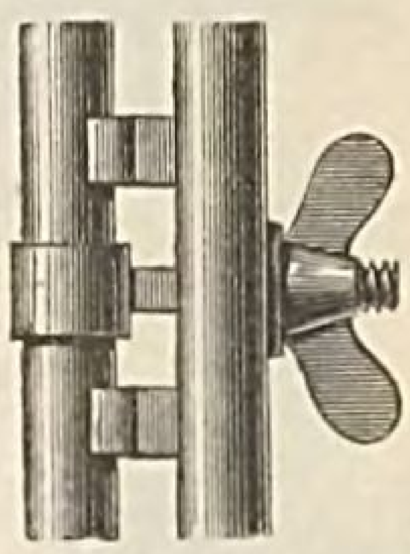
2) **Klemme mit vier Schrauben.** Soll der Stab centrirt in eine Hülse eingespannt werden, so sind dazu vier im Kreuz stehende Schrauben nöthig. Sicherer wird über oder unter diesen noch eine zweite Reihe von vier Schrauben angebracht, um auch die conaxiale Lage zu sichern.


Fig. 831.

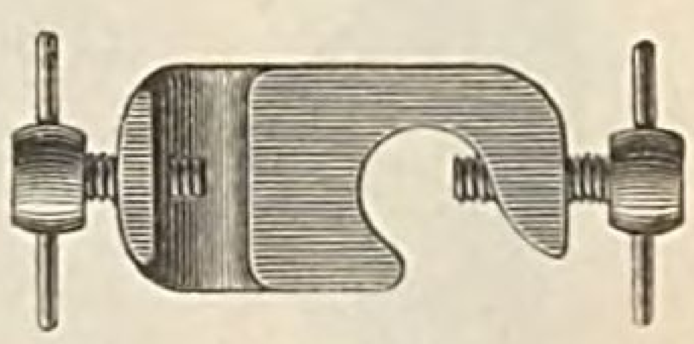
3) **Klemme mit Frictionsprisma.** Durch die Eindrücke, welche die Schrauben auf eingeklemmten Stäben hervorrufen, werden diese verdorben, so dass man da, wo dies nachtheilig werden könnte, die Schraube nicht direkt auf den Stab wirken lässt, sondern zunächst auf ein sich dicht an den Stab anschmiegendes Stahlklötzchen.


Fig. 832.

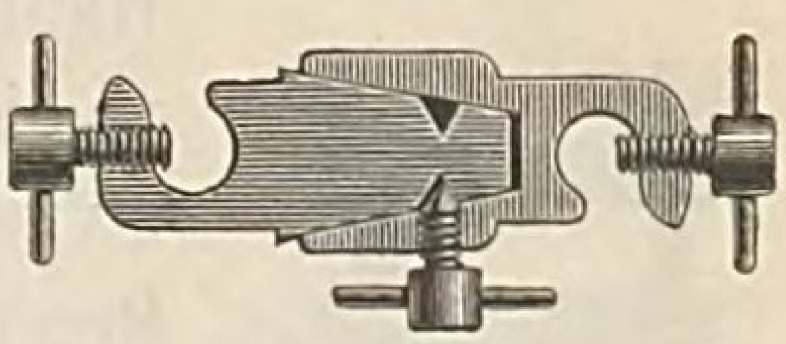
4) **Geschlitzte Ringklemme.** Ist die Achse, an welcher die Klemme befestigt werden soll, mit seitlichen Vorsprüngen oder etwa einer Theilung versehen, welche jederzeit vollständig der Beobachtung zugänglich sein soll, so wird die Hülse geschlitzt und aus entsprechend stärkerem Material gefertigt.


Fig. 833.

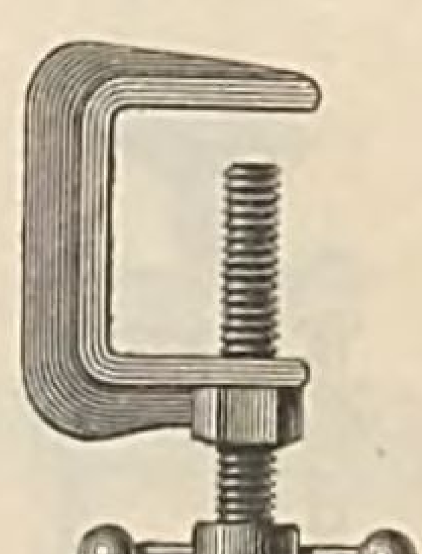
5) **Stativklemme.** Um einen Stab wie bei der Auflage einer Drehbank oder bei einem Stativ gegen Verschiebung längs seiner Achse sehr fest zu klemmen, führt man ihn durch einen Ring, welcher in einen mit Gewinde und Mutter versehenen Stiel ausläuft, und zieht ihn mittels dieses Ringes fest gegen zwei benachbarte, entsprechend gehöhlte Lager, oder gegen die Wand der Hülse, in der er sich verschiebt.


Fig. 834.

6) **Doppelmuffe.** Die Verbindung zweier Stäbe im Winkel wird in einfacher Weise durch die bei chemischen Stativen gebräuchlichen Doppelmuffen bewirkt. Dieselben sind an einer Seite aufgeschlitzt, so dass sie nicht von einem Ende her auf den betreffenden Stab aufgeschoben werden müssen, sondern seitlich angesetzt werden können.


Fig. 835.

7) **Drehbare Doppelmuffe.** Dadurch, dass man die beiden Theile einer Doppelmuffe nicht fest mit einander verbindet, sondern den einen Theil mit einem Zapfen versieht, der in eine Höhlung des andern einpasst und hierin durch eine seitliche Schraube festgestellt werden kann, erhält man eine Doppelmuffe, welche ermöglicht, die Stäbe auch unter beliebigem spitzen oder stumpfen Winkel zu verbinden.


Fig. 836.

8) **Schraubzwinge.** Eine vielgebrauchte Klemme ist die Schraubzwinge, welche entweder frei für sich zum Zusammenhalten mehrerer Gegenstände gebraucht wird, oder fest mit einem Apparate verbunden bleibt, um denselben z. B. an einem Tisch oder Stativ zu befestigen. Kleine Klemmen dieser Art werden aus Eisen

oder Stahl hergestellt. Sehr bequem sind die früher beschriebenen Patentklemmen, bei welchen die Schraube aus zwei ineinander verschiebbaren Theilen besteht, so dass man sie rasch auf die gewünschte Länge einschieben und durch eine kurze Drehung befestigen kann.

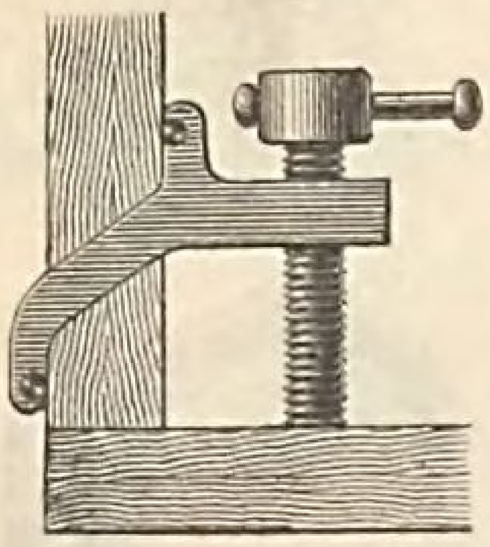


Fig. 837.

9) **Fufsbodenzwinge.** Zum Zusammenpressen der Bretter bei Herstellung eines Fußbodens gebrauchen Schreiner die in der beistehenden Figur abgebildete Klemme, die auch unter anderen Umständen von Nutzen sein kann.

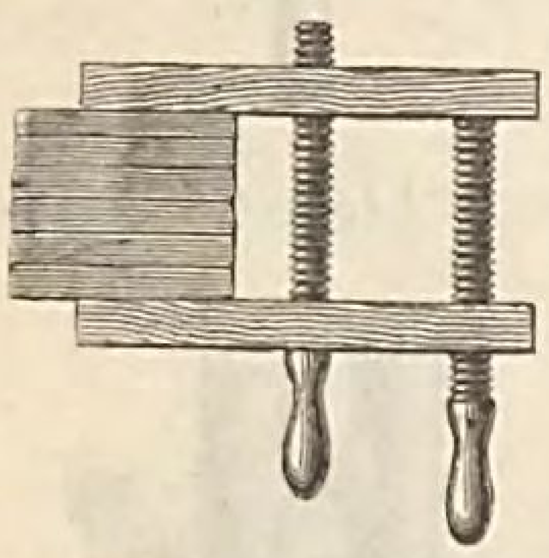


Fig. 838.

10) **Amerikanische Zwinge.** Beim festen Anziehen der Schraube einer Zwinge verursacht die Spitze der Schraube Eindrücke auf den Gegenständen, die man, wenn nöthig, dadurch zu umgehen sucht, dass man ein Stückchen Brett oder dergl. dazwischen legt, so dass die Schraube nicht direkt auf den Gegenstand einwirkt. Bei der amerikanischen Zwinge ist dieser Nachtheil vermieden, indem der Gegenstand, ähnlich wie im Schraubstock, zwischen flache Backen geklemmt wird.

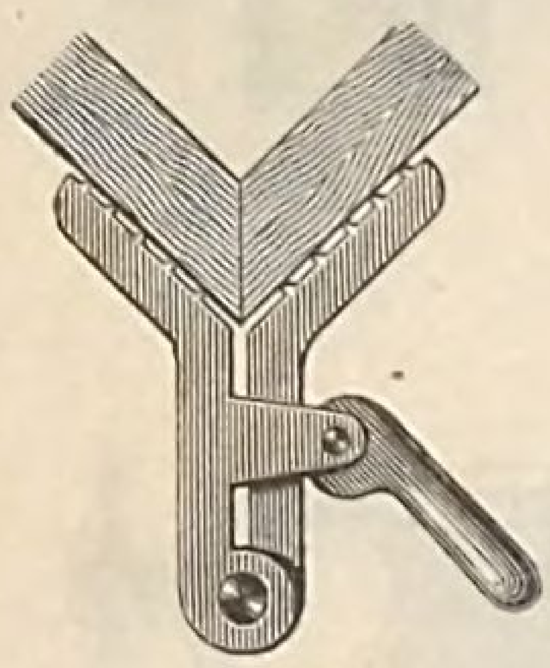


Fig. 839.

11) **Gehrungszwinge.** Zum Verleimen von Rahmen dient eine eigenthümliche, auf der Wirkung eines kleinen Excenters beruhende Klemme, welche zwei im Winkel zusammenstoßende, unter 45° schief abgeschnittene Rahmentheile zusammenklemmt.

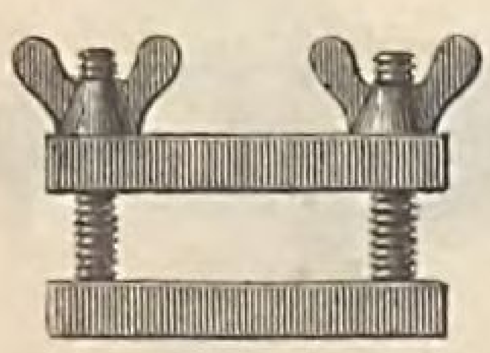


Fig. 840.

12) **Presse mit zwei Schrauben.** Reicht eine Schraubenzwinge zum Zusammenpressen größerer Gegenstände nicht aus, so verwendet man deren zwei und mehr. Häufig gelangt man einfacher zum Ziel durch Anwendung zweier durch Schrauben zusammengehaltener Bretter, zwischen welche der Gegenstand eingelegt wird. Diese Bretter müssen genügend stark sein und schwach convex, da sie sich beim Anziehen der Schrauben durchbiegen und der Druck also in der Mitte geringer ausfallen würde.

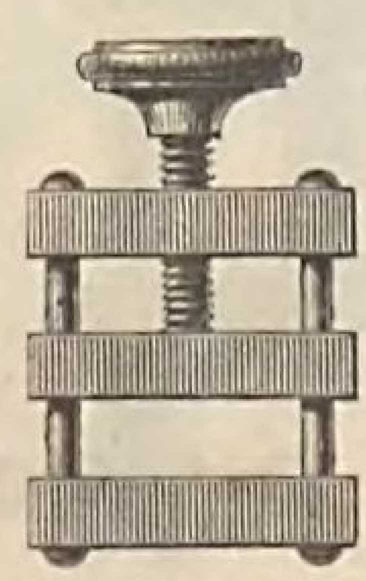


Fig. 841.

13) **Presse mit einer Schraube.** In manchen Fällen ist auch eine Presse mit einer Schraube, wie sie z. B. bei den Copirapparaten Anwendung findet, von Vortheil. Die Platte, auf welche der Druck ausgeübt wird, muss namentlich in der Mitte sehr stark sein und erhält deshalb, falls sie aus Metallguss besteht, von dort aus gegen die Ränder radial verlaufende Verstärkungsrippen.

14) **Klemme mit zwei Backen.** Zum Einspannen von Drähten, dünnen Stäben und dergl. eignet sich besonders eine Klemmvorrichtung mit zwei in einer Führung verschiebbaren Backen, von welchen die eine mit einspringendem Winkel versehen ist, die andere mit einer entsprechenden Zuschärfung, welche indess nicht in eine Schneide, sondern in eine Rinne ausläuft, deren Wölbung dem dünnsten einzuspannenden Draht entspricht.

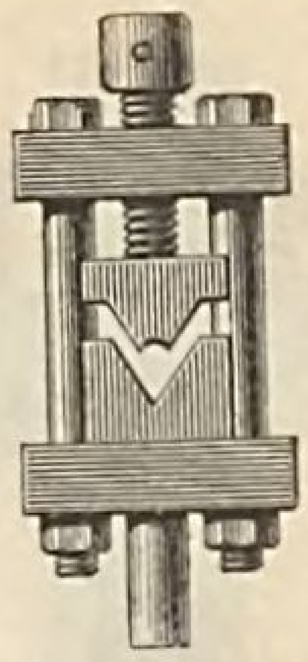


Fig. 842.

15) **Excenterschnurklemme.** Um eine Schnur an bestimmter Stelle festzuklemmen, kann ein kleiner Hebel mit Excenter dienen, der sich selbstthätig um so fester anpresst, je stärker der auf die Schnur ausgeübte Zug ist. Soll die Schnur wieder freigegeben werden, so genügt ein schwacher Druck auf den Hebel im entgegengesetzten Sinne.



Fig. 843.

16) **Röllchenschnurklemme.** Auf gleichem Prinzip beruht auch das Anklemmen einer Schnur mittels eines Röllchens, dessen Achse in schiefen Schlitzen läuft. Beim Verschieben der Schnur wird das Röllchen durch Reibung mitgenommen und je nach dem Sinne der Verschiebung angeklemmt oder gelöst.

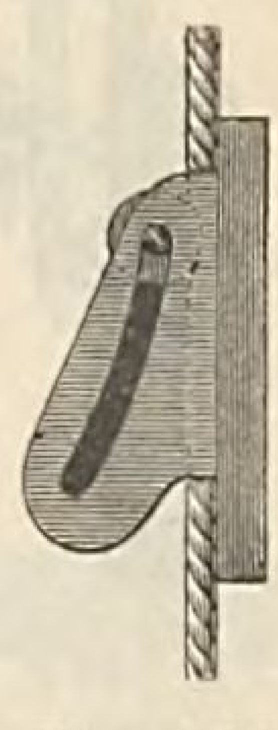


Fig. 844.

17) **Schraubenschnurklemme.** Auch eine kleine Schraubenpresse kann zum Festklemmen einer Schnur dienen, doch darf man die Schraube nicht unmittelbar auf die Schnur wirken lassen, sondern zunächst auf ein bewegliches, an der der Schnur zugekehrten Fläche gut gerundetes Metallklötzchen.



Fig. 845.

18) **Gelenkklemme mit Spiralfeder.** Zum Anklemmen von Papierblättern und dergl. eignet sich eine hölzerne, mit Gelenk versehene Klemme, welche durch eine Spiralfeder geschlossen gehalten wird und sich öffnet, sobald man die durch die Feder auseinander gehaltenen Schenkel zusammendrückt.

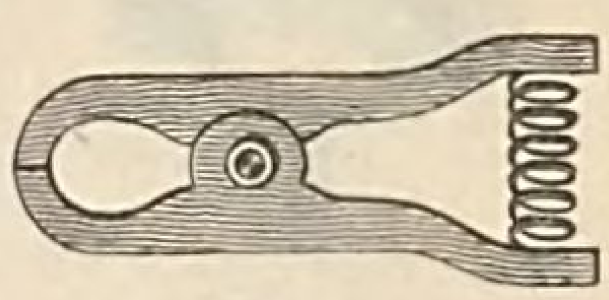


Fig. 846.

19) **Excenterklemme mit gerader Feder.** Der eine Arm dieser Klemme ist mit einem Excenter versehen, welcher auf eine an beiden Enden gestützte gerade Feder einwirkt, derart, dass er durch dieselbe einen entsprechenden Gegendruck erhält, welcher den beweglichen Arm dem andern zu nähern strebt.

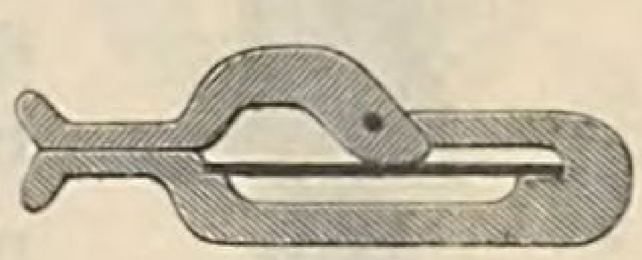


Fig. 847.

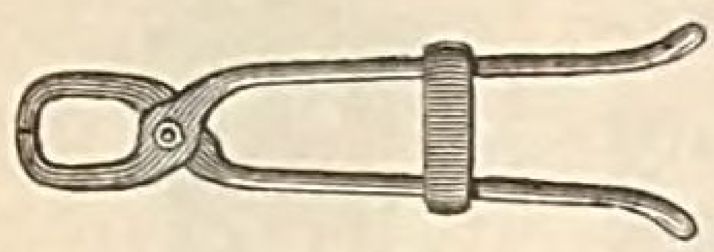


Fig. 848.

20) **Zange mit Spannring.** Eine einfache Art, die Schenkel einer Zange mit gewissem Druck zusammenzuziehen, ist das, namentlich bei Schmiedezangen und feinen Stielklöbchen übliche Aufschieben eines Spannrings. Die Schenkel der Zange müssen federnd sein und dem Ring den nöthigen Halt gewähren.

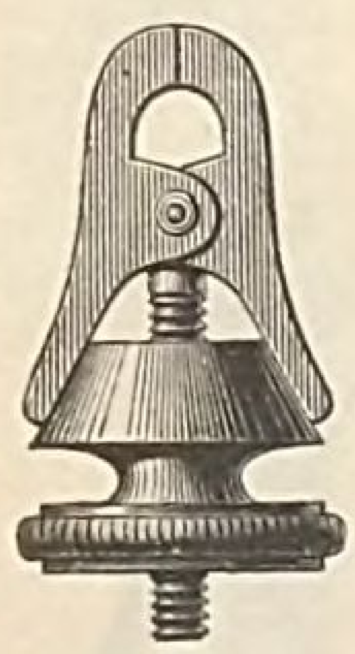


Fig. 849.

21) **Kegelklemme.** In manchen Fällen ist die seitlich vorragende Schraube einer Klemme unbequem. Man kann dann den nöthigen Druck durch Einschrauben eines Conus zwischen die Schenkel erzeugen, wie es bei neueren Stielkloben geschieht.

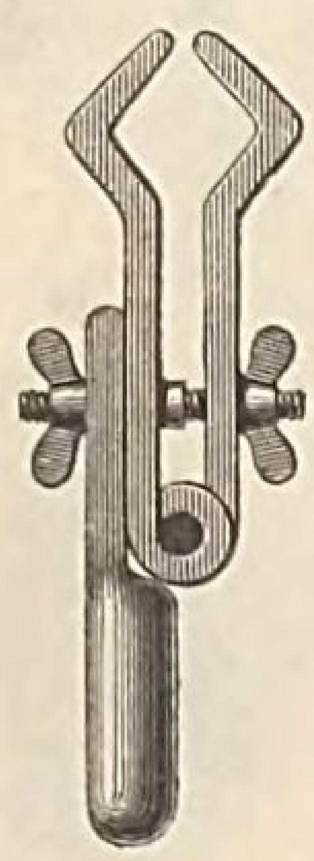


Fig. 850.

22) **Zange mit Schraube.** Sehr bekannt sind die bei chemischen Stativen gebräuchlichen eisernen, mit Kork gefütterten Zangen zum Einklemmen von Stäben, Röhren und dergl. Sie sind mit einem Stiel versehen, um sie mit Hülfe einer Doppelmuffe an ein Stativ anschrauben zu können.

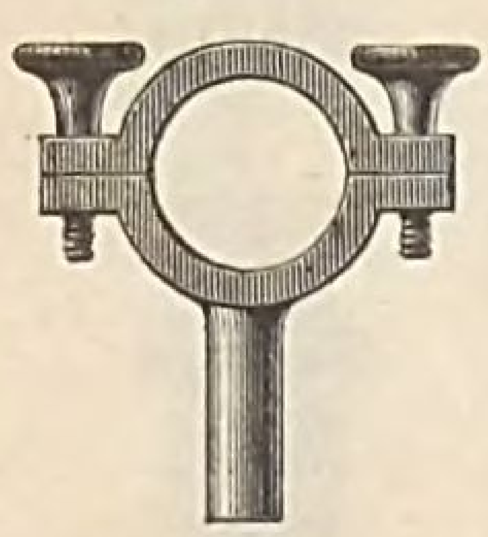


Fig. 851.

23) **Zweitheilige Rohrklemme.** Zur Befestigung exakt gearbeiteter Röhren dienen entsprechend genau gearbeitete Klemmen, welche zweckmäßig aus 2 Theilen zusammengesetzt sind, um das eingeklemmte Rohr leicht wieder herausnehmen zu können.



Fig. 852.

24) **Rohrklemme mit Gelenk.** Bequemer, aber auch schwieriger exakt herzustellen ist eine zweitheilige Rohrklemme, deren Theile auf der einen Seite durch ein Gelenk zusammengehalten werden. Sie findet meist bei roher gearbeiteten Vorrichtungen Anwendung.

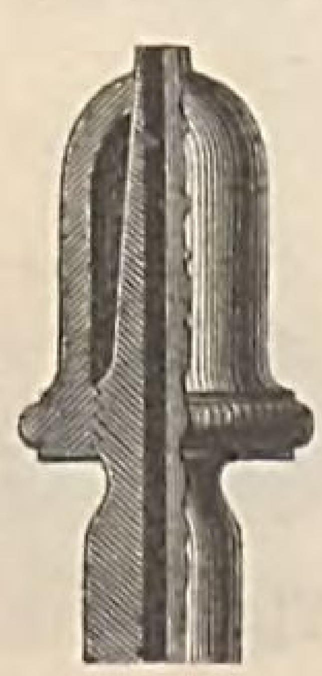
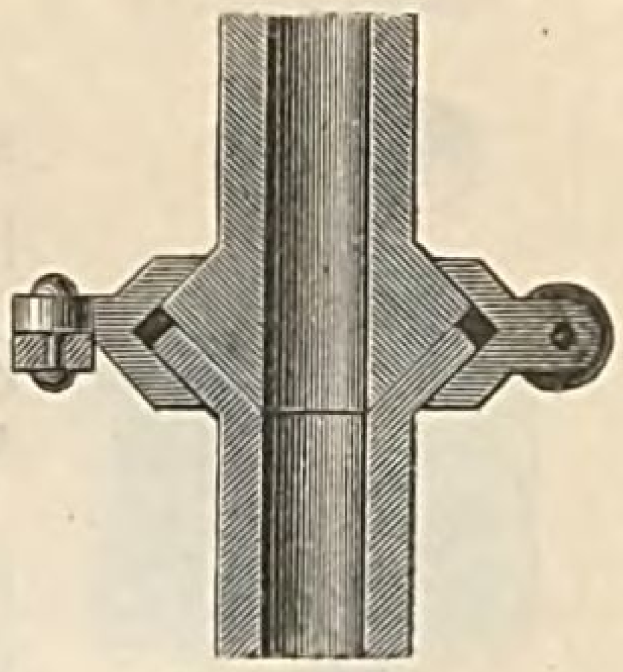


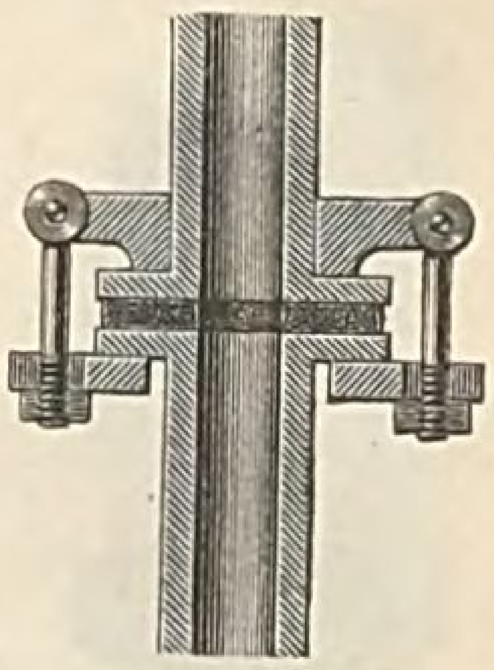
Fig. 853.

25) **Hülsenklemme.** Zum Festhalten dünner Stäbchen ist eine geschlitzte, außen conisch abgedrehte federnde Hülse sehr bequem, welche durch eine übergeschraubte Ueberwurfmutter zusammengedrückt wird. Ist das Gewinde auf dem Conus eingeschnitten, so genügt schon das Aufschrauben einer einfachen Mutter, um die Hülse zu verengen und einen eingeschobenen Stab festzuklemmen.

26) **Rohrverbindungsklemme.** Zum raschen Zusammenfügen und Lösen zweier mit Conus ineinandergreifenden Röhren ist eine bei den Regnault'schen Apparaten verwendete Klemme sehr zweckmäßig. Die beiden Rohrenden sind knopfartig verdickt und conisch abgedreht derart, dass sie beim Aufschrauben einer entsprechend rinnenartig ausgedrehten scherenförmigen Klemme fest gegeneinander gedrückt werden.

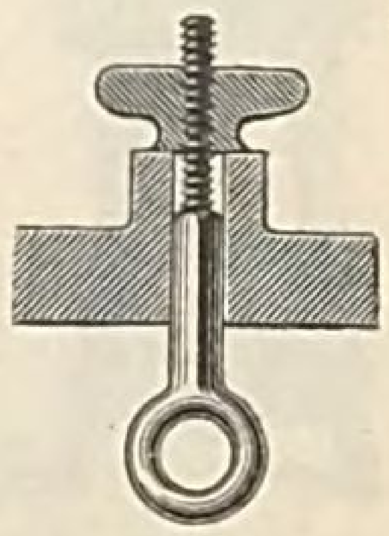

Fig. 854.

27) **Flantschenklemme.** Mit Flantschen zu verbindende Röhren erhalten, wenn das Zusammenschrauben und Lösen möglichst erleichtert werden soll, durch Charniere befestigte Schraubenbolzen, welche in Schlitze des Befestigungsringes eingreifen und also nur umgeklappt und durch eine kleine Drehung der Schraubenmutter angezogen werden müssen.

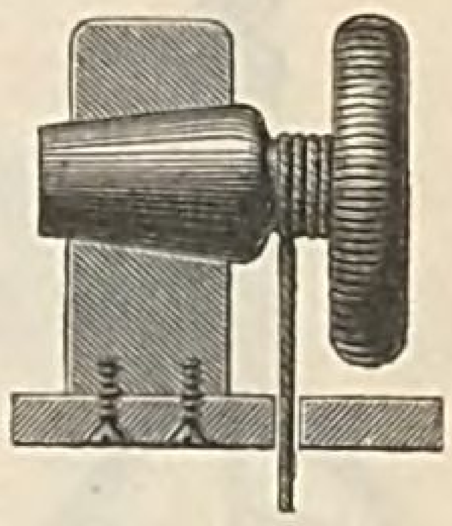

Fig. 855.

XXVII. Stative und Schlösser.

1) **Verstellbarer Ring.** Um den Aufhängepunkt eines Fadens höher oder tiefer legen zu können, versieht man den Aufhängering mit einer prismatischen Führungsstange, deren Ende in ein Gewinde ausläuft und durch eine Schraubenmutter etwas gehoben oder gesenkt werden kann.


Fig. 856.

2) **Zapfen zum Spannen.** Noch einfacher wird das Ende des Fadens an einem Zapfen befestigt, welcher mit starker, wenn nöthig durch Bestreichen mit Kreide erhöhter Reibung in seinem Lager drehbar ist und mittels eines Griffs oder Schlüssels umgedreht werden kann, ähnlich wie Saiten von Violine oder Klavier gespannt werden. Bei sorgfältiger ausgeführten Vorrichtungen dieser Art läuft der (dann cylindrische) Zapfen durch zwei Lager, in welchen er durch eine Stellschraube festgeklemmt werden kann.


Fig. 857.

3) **Bogenschlitten mit Wurmschraube.** Um die vertikale Stellung eines Stabes in einer Ebene justiren zu können, dient ein in entsprechender Führung laufender, durch eine Schraube ohne Ende zu bewegender bogenförmiger Schlitten. Eine Combination von zwei solchen, welche um 90° gegen einander versetzt sind, gestattet Justirung in jeder Ebene.


Fig. 858.



Fig. 859.

4) **Tischchen mit Zahnstange.** Kleine Tischchen zum höher oder tiefer stellen von Apparaten erhalten häufig, wenn das Verstellen ohne Kraftanstrengung vorgenommen werden soll und nicht völlig willkürliche Verstellbarkeit verlangt wird, eine Zahnstange mit eingreifendem federnden Zahn. Es ist dabei zweckmäßig, die Zähne schief zu stellen, so dass die unteren Kanten derselben horizontal sind. Beim Aufziehen löst sich dann die Feder selbstthätig aus.

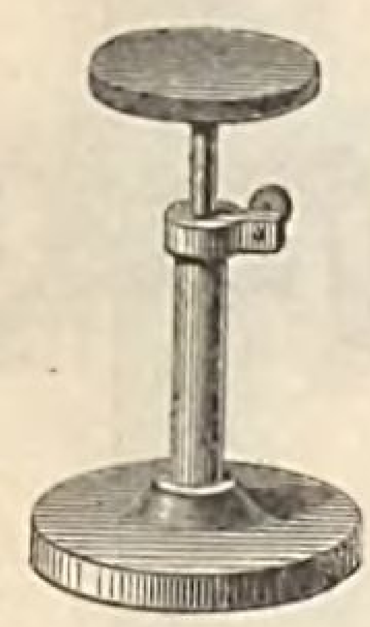


Fig. 860.

5) **Tischchen mit Hülsenklemme.** Wird gewünscht, dass sich ein Tischchen ganz beliebig höher oder tiefer stellen lasse, so bringt man zum Festklemmen des Stiels irgend eine gerade den Umständen entsprechende Klemme an. Für kleine Tischchen ist z. B. die Anwendung einer Hülsenklemme gebräuchlich.



Fig. 861.

6) **Grofses Stativ.** Stative für schwere Apparate müssen genügend große Basis haben, in ihrer Construction genügende Festigkeit bieten und schließlich muss der Stiel des Tischchens durchaus zuverlässig festzustellen sein. Man fertigt denselben prismatisch dreikantig und bringt eine oder zwei Klemmschrauben an, deren Kopf zweckmäßig einen verstellbaren Schlüssel erhält, um die nöthige Kraft ausüben zu können.

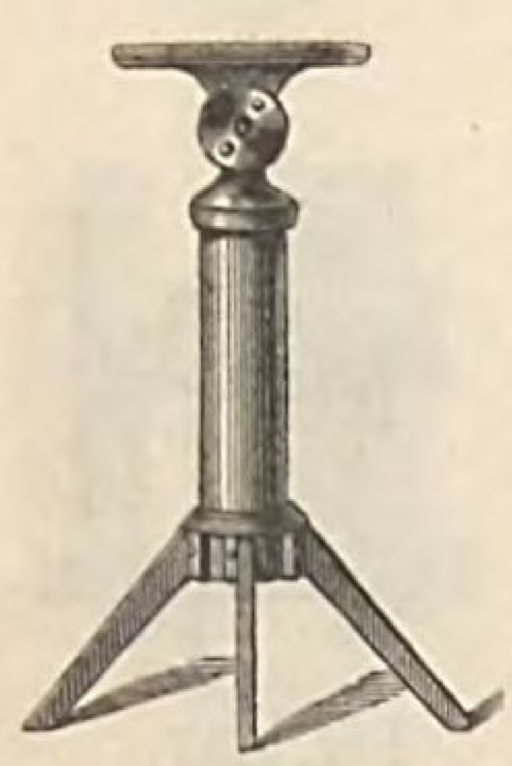


Fig. 862.

7) **Fernrohrstativ mit Gelenken.** Fernröhre werden, um die nöthige Beweglichkeit zu erzielen, auf Stativen befestigt, deren Kopf mit zwei Gelenken versehen ist, von welchen das eine Drehung in horizontaler, das andere in verticaler Ebene gestattet.



Fig. 863.

8) **Stativ mit Ringen und Klemmen.** Die gewöhnlichen eisernen Stative mit verstellbaren Ringen und Klemmen, welche mittels Doppelmuffen befestigt sind, sind allgemein bekannt und zu physikalischen und chemischen Arbeiten ganz unentbehrlich. Sollte der Fuß des Stativs nicht hinreichend schwer sein, so beschwert man ihn durch aufgelegte Gewichte oder besonders dazu bestimmte Bleiklötze, oder befestigt ihn mittels einer Schraubenzwinge an der Tischfläche.

9) **Excenterhebelvorrichtung.** Kleine Tischchen welche nur innerhalb enger Grenzen nach Bedürfnis einen höchsten und tiefsten Stand einnehmen sollen, z. B. die Arretirungen der Wagebalken feiner Wagen, werden durch einen Excenter gehoben und gesenkt, indem man die Achse durch einen Griff oder Schlüssel in die nöthige Stellung dreht.

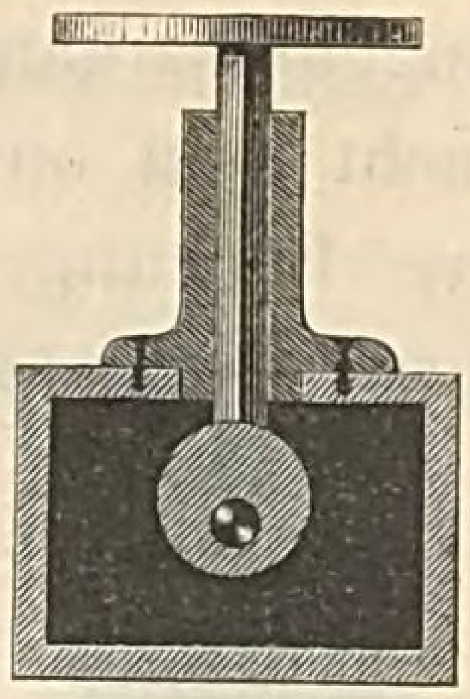


Fig. 864.

10) **Rohreinstellung mit Trieb.** Auszugröhren an feststehenden Fernröhren, Mikroskopen u. s. w. erhalten eine auf der Innenseite des Rohres angeschraubte Zahnstange, deren Zähne durch einen Schlitz bis an die Oberfläche vorragen und in einen Trieb eingreifen, der mittels eines gerändelten Kopfes gedreht werden kann. Der Trieb ist vollständig in ein kleines auf die Hülse aufgeschraubtes Gehäuse eingeschlossen.

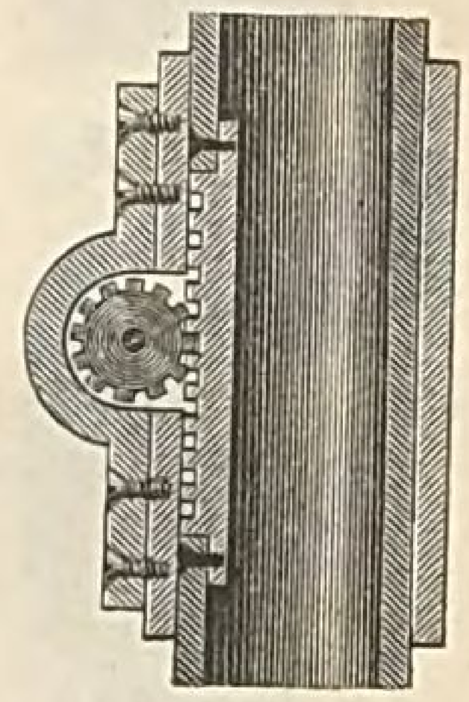


Fig. 865.

11) **Selbstthätige Zange.** Um schwere Körper, Gewichte und dergl. aufzuziehen und in gegebenem Momente fallen zu lassen, dient eine Zange, welche an ihren beiden Armen aufgehängt ist und sich also beim Aufziehen von selbst um so fester schließt, je größer das Gewicht ist. Zieht man nun die am Gelenk angebrachte Schnur an, so hört die Spannung auf und die Zange lässt den Körper fallen.

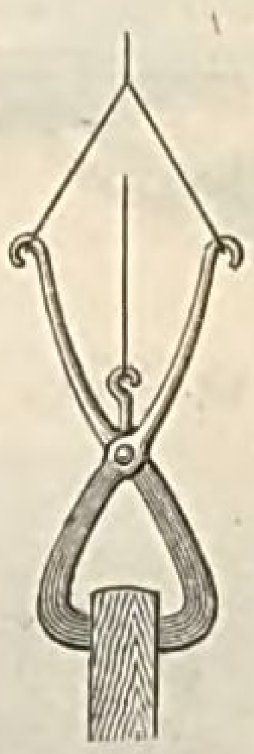


Fig. 866.

12) **Tisch einer Hobelmaschine.** Um einen beliebig gestalteten Körper auf einer ebenen Fläche klemmen zu können, versieht man diese mit Schlitzen oder unterschnittenen Furchen, in welche die Köpfe von Bolzen einpassen und sich an die geeignete Stelle schieben lassen, um dort mittels angeschraubter Klemmen oder seitlich durchgetriebener Schrauben den Körper anzupressen, wie es die drei Beispiele der Figur zeigen.

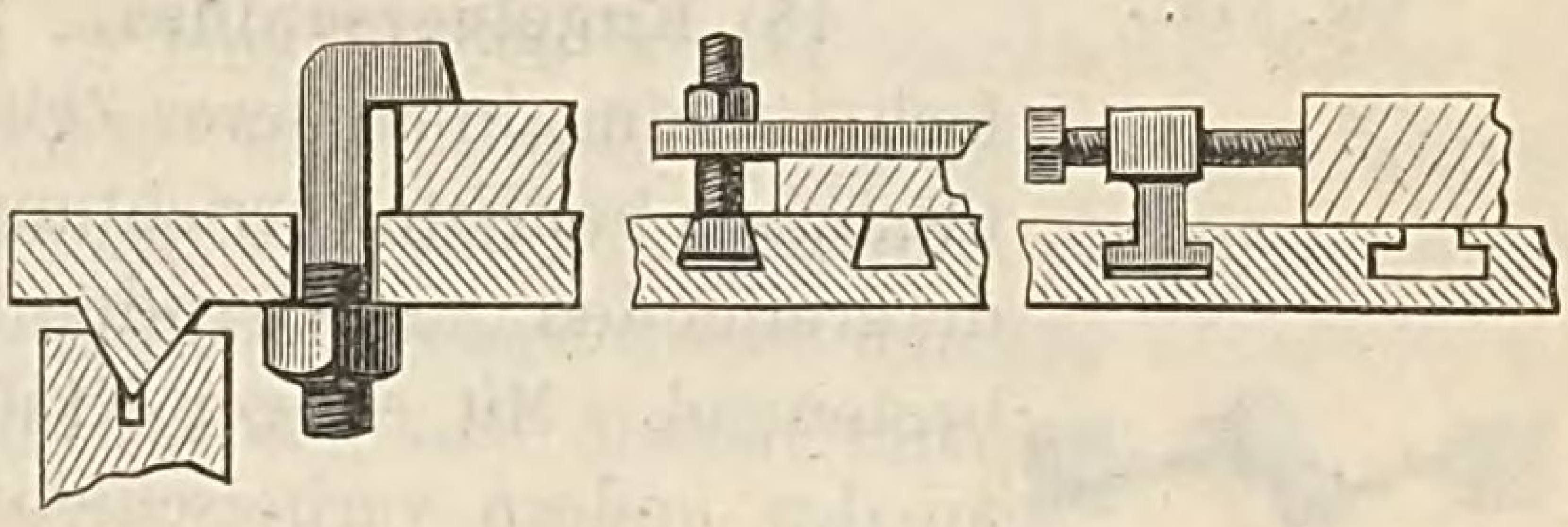


Fig. 867.

13) **Charnierverschluss.** Nimmt man aus einem Charnier den als Achse dienenden Stift heraus, so wird dadurch der Zusammenhang der beiden Theile gelöst.

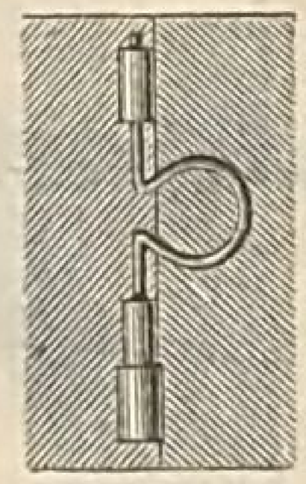
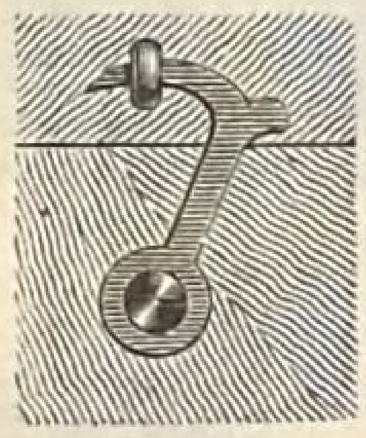


Fig. 868.

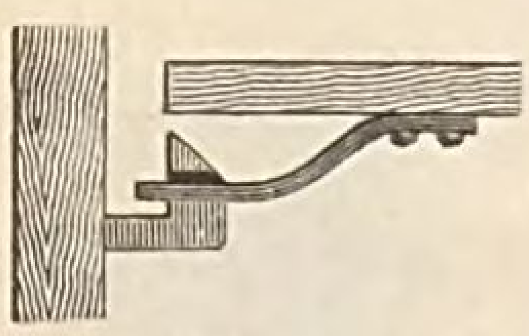
Umgekehrt kann man ihn durch Einschieben des Stiftes wieder herstellen. Macht man nun den Stift hinreichend lang und gibt ihm noch eine weitere Führung, so dass er auch nach dem Lösen der Verbindung noch durch diese gehalten wird, so hat man ein sehr einfaches Schloss, wie es z. B. bei Blechbüchsen angewandt wird.


Fig. 869.

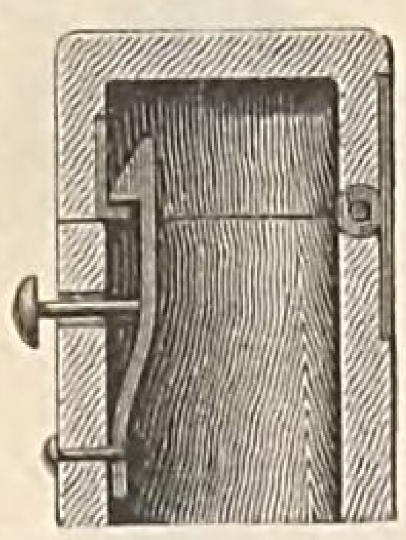
14) **Verschlusshaken.** Ein anderes einfaches und häufig für kleine hölzerne Kästen verwandtes Schloss wird durch einen Haken erzielt, der um ein Ende drehbar ist und über einen mit Knopf versehenen Stift übergeschoben wird.


Fig. 870.

15) **Knopfverschluss.** Sehr einfach und primitiv ist der Verschluss eines Deckels durch ein mit Oese versehenes Lederband oder einen federnden, eventuell mit Charnier versehenen Stahlstreifen, welche in einen Knopf eingehängt werden.


Fig. 871.

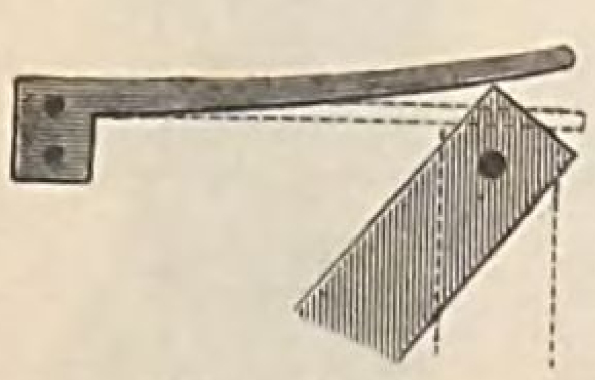
16) **Einspringende Feder.** Eine in den verschiedensten Variationen gebräuchliche Verschlussweise ist die mittels einspringender Feder, d. h. einer am Ende durchbohrten federnden Stahllamelle, in deren Oeffnung die Spitze eines Hakens eingreifen kann.


Fig. 872.

17) **Feder mit Zahn.** Soll das Schlösschen eines Behälters äußerlich nur wenig vorragen, so kann eine auf der Innenseite angebrachte Feder mit Zahn, welche in eine entsprechende Vertiefung eingreift, verwendet werden. Durch Drücken auf einen Knopf, wodurch die Feder zurückgeschoben wird, öffnet sich das Schloss.


Fig. 873.

18) **Kugelverschluss.** Sehr zweckmäßig und einfach ist eine in neuerer Zeit zum Verschluss von Geldtäschchen beliebte Vorrichtung aus zwei etwas übereinandergreifenden, an federnden Stielchen befestigten Kugeln bestehend. Mit einiger Kraft lässt sich die eine Kugel an der andern vorbeischieben und schnellt dann vermöge der Federkraft der Stielchen in die neue Gleichgewichtslage, aus welcher sie nur auf gleiche Art wieder zurückbewegt werden kann.


Fig. 874.

19) **Messerschluss.** In außerordentlich verschiedenartiger Anwendung findet man ferner bei kleineren Industrieerzeugnissen den Federschluss angewendet, wie er bei Taschenmessern gebräuchlich ist. Eine Feder drückt gegen eine polygonale Platte; berührt dieselbe eine Ecke, so ist das Gleichgewicht labil, und die Klinge

strebt deshalb, sich in solche Lage zu bewegen, dass Berührung längs einer Seite eintritt.

20) **Doppelter Vorreiber.** Zum Verschluss größerer Fenster, bei welchen beträchtliche Widerstandsfähigkeit verlangt wird, dient häufig ein einfacher oder doppelter auf zwei schwach geneigte schiefe Ebenen aufgeschobener und durch die so erzeugte Spannung gehaltener Vorreiber.

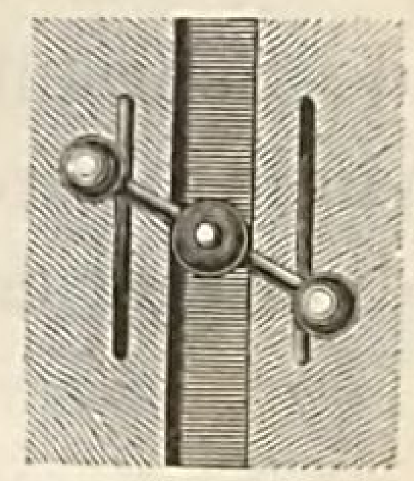


Fig. 875.

21) **Thürfalle.** Bei der bekannten Thürfalle wird ein mit Griff (Klinke, Knebeldrücker) versehener Hebel durch eine Feder in den Einschnitt des an dem Thürpfosten angebrachten Eisens (Kloben) eingedrückt. Die Feder ist gewöhnlich eine Bandspiralfeder.

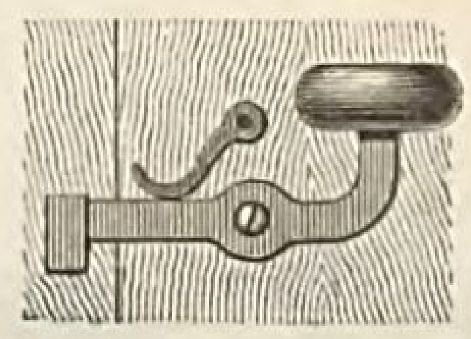


Fig. 876.

22) **Thürdrücker.** Soll eine Thür von der der Falle entgegengesetzten Seite aus zu öffnen sein, so muss der Drücker auf dieser angebracht, die Achse also durch die Thür durch fortgesetzt werden. An die Schraube werden dem viereckigen Loch des Vorreibers entsprechend 4 Flächen angefeilt.

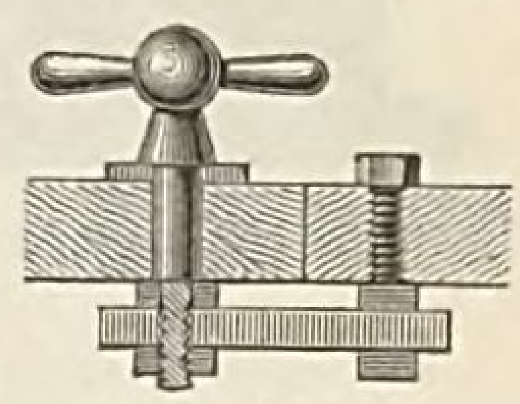


Fig. 877.

23) **Riegel mit Griff.** Der gewöhnliche Thürriegel ist ein durch Bügel hindurchgeführtes Stahlstäbchen, an welches auf der Unterfläche eine federnde Lamelle angeschweißt ist, durch die der zur Hervorrufung genügender Reibung nöthige Druck erzeugt wird. Ein gewöhnliches Thürschloss unterscheidet sich vom einfachen Riegel dadurch, dass die Verschiebung nicht mittels eines Handgriffs, sondern durch einen Schlüssel bewirkt wird, dessen Bart in eine in den Riegel eingefeilte Kerbe eingreift. Damit sich das Schloss nicht durch einen beliebigen Schlüssel öffnen lasse, bringt man noch verschieden geformte Streifen an, für welche in den Bart des Schlüssels entsprechende Lücken eingefeilt sein müssen, damit sich derselbe im Schlosse drehen lässt.

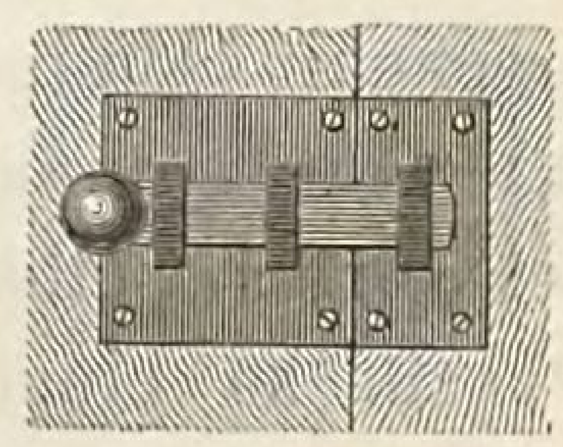


Fig. 878.

XXVIII. Vorrichtungen verschiedener Art.

Ebenso wie die zuletzt beschriebenen Vorrichtungen sich aus früher beschriebenen einfacheren zusammensetzten, lassen sich fortschreitend immer mehr und mehr complicirte Apparate herstellen.

So zeigt z. B. Fig. 879 eine Winde mit Schraube ohne Ende, bei welcher der Eingriff der Schraube in das Zahnrad durch einen Druck auf den Griff derselben leicht gelöst werden kann; Fig. 881 eine Winde

mit Uebersetzung und Sperrklinke; Fig. 880 die Verwendung eines Zahnradsektors mit Schraube zur Bewegung einer Zugstange, und Fig. 882 eine sogenannte Differentialschraube, d. h. zwei einander entgegen wirkende Schrauben, die äußere mit feinerem, die innere mit gröberem Gewinde, durch welche sich in leicht zu berechnender Weise die wirkende Kraft erheblich verstärken lässt.

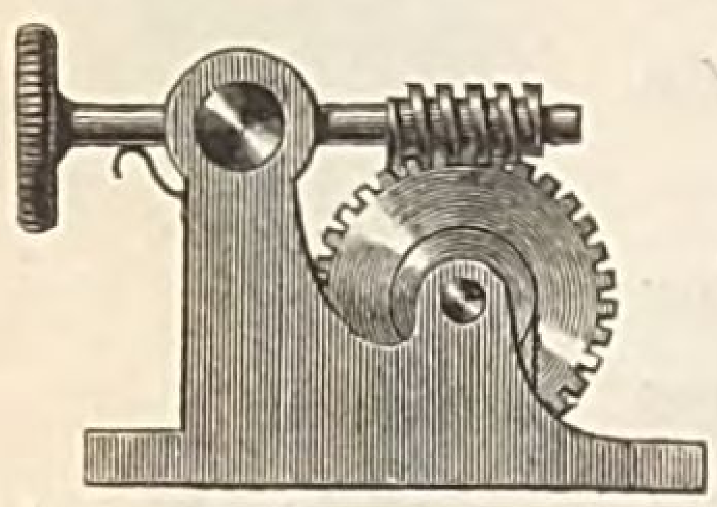


Fig. 879.

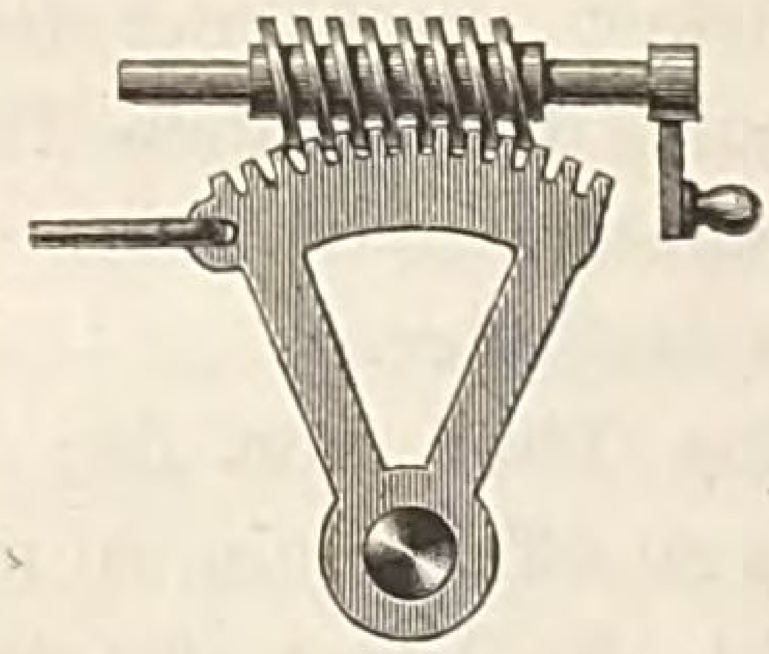


Fig. 880.

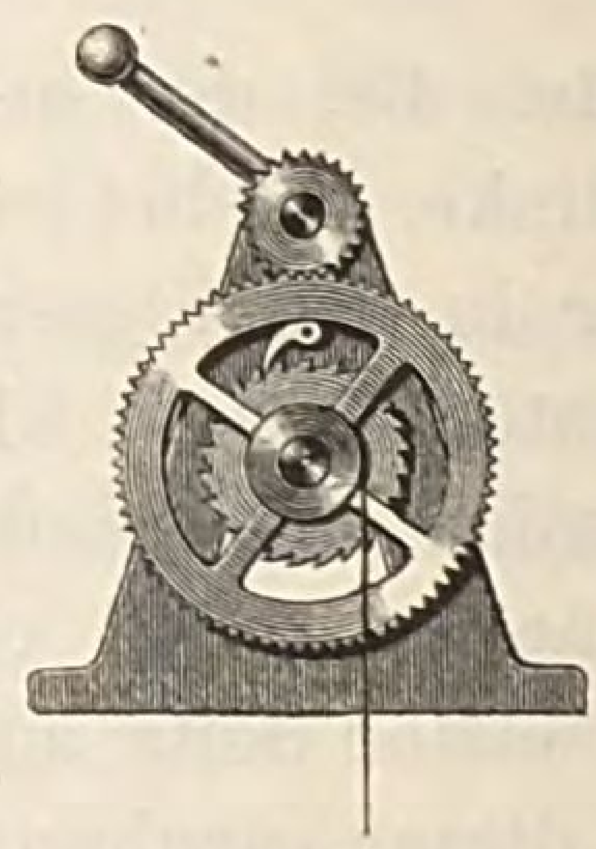


Fig. 881.

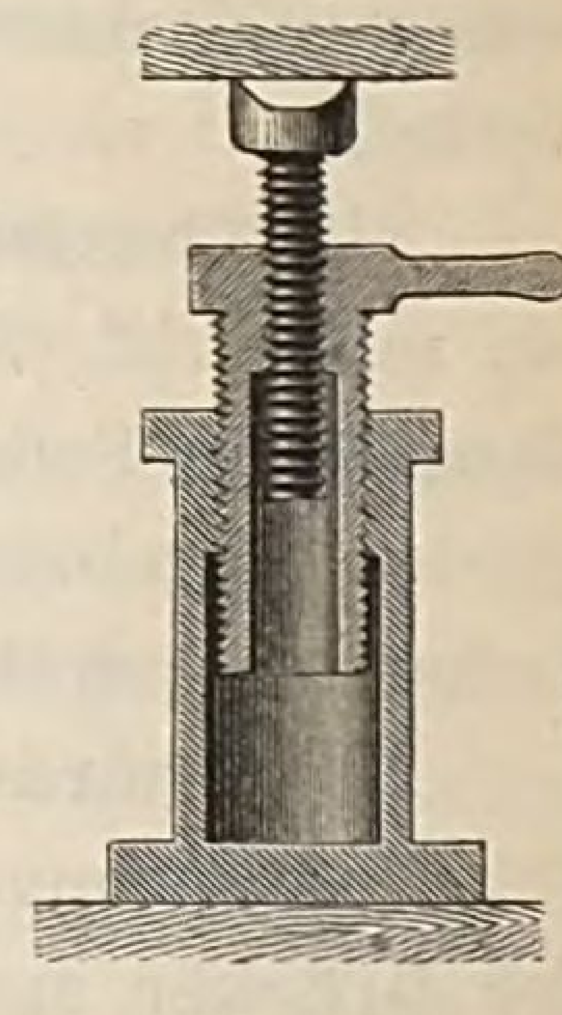


Fig. 882.

Welche Anordnung sich in jedem speziellen Falle empfiehlt, richtet sich ganz nach den gegebenen Umständen und den beabsichtigten Zwecken. Eine Beschreibung solcher zusammengesetzter Vorrichtungen erscheint somit, insofern sie sich nicht auf bekannte Apparate bezieht, überhaupt unmöglich. Bekannte Apparate aber, die man sich zudem schwerlich selbst anfertigen wird, findet man in den Lehrbüchern der Physik so eingehend beschrieben, dass eine weitere Beschreibung hier keinen Zweck hätte.

Ich schließe deshalb hiermit den Abschnitt über die Constructionsmethoden und gehe über zum letzten, welcher eine gedrängte Uebersicht von physikalischen Formeln zu Berechnungen und eine kurze Anleitung zum geometrischen Zeichnen enthält.

Dritter Abschnitt.

Zeichnung und Berechnung.

Die folgende Zusammenstellung von Formeln soll eine Uebersicht über die einfacheren mathematischen und physikalischen Formeln geben, welche nicht etwa, wie solche mit unausführbaren Integralen und dergl., eine lediglich formelle Lösung eines Problems darstellen, sondern wirklich eine unbekannte Größe, wenn auch nur nach empirischen Regeln bestimmen lassen. Obschon die complicirteren dieser Formeln der Weitläufigkeit der Rechnung halber praktisch nie zu numerischen Bestimmungen benutzt werden dürften, so gestatten sie doch einigermaßen ein Bild über die Abhängigkeit der in Frage stehenden Größe von andern zu gewinnen und sind in diesem Sinne nicht ohne Werth.

Es ist natürlich vorausgesetzt, dass man mit der näheren Begründung der Formeln und mit der Bedeutung der in Betracht kommenden Größen bekannt sei. Deshalb wurden, und zwar ohne Aenderung der Buchstaben, nur solche aufgenommen, welche in allgemein verbreiteten, im Literaturverzeichnis angegebenen Lehrbüchern und Compendien enthalten sind, in welchen also Näheres darüber zu finden ist. Da man eine Sammlung solcher Compendien in der Werkstätte, für welche das Buch bestimmt ist, in der Regel nicht zur Hand hat, so schien mir eine derartige Zusammenstellung von erheblichem Nutzen. Sie soll natürlich nicht als Lehrbuch dienen, sondern lediglich dem Gedächtnis zu Hülfe kommen und eventuell ermöglichen, durch Nachrechnung einer der gegebenen Formeln zu prüfen, ob man bei einer ausgeführten ähnlichen neuen Berechnung von richtigen Gesichtspunkten ausgegangen ist.

Eine beigefügte kleine Sammlung von Tabellen enthält die wichtigsten Constanten für die Formeln, und einige Rechentafeln erleichtern die Ermittlung von Zahlenwerthen. Auf die Vollständigkeit dieser Tabellen wurde nur wenig Werth gelegt, da für eingehendere Berechnungen,

die übrigens nicht in die Werkstätte gehören, in dem Tabellenwerk von Landolt und Börnstein eine sehr reichhaltige Zusammenstellung von bekannten Constanten vorliegt, und eine größere Logarithmentafel dabei ohnehin nicht zu entbehren ist.

A. Zeichnung.

Sind die Hauptdimensionen eines Apparates etwa auf Grund der im Folgenden zusammengestellten Formeln und Tabellen oder nach anderen Gesichtspunkten festgestellt, so besteht die nächste Aufgabe darin, eine technisch gut verwerthbare, genaue und anschauliche Zeichnung desselben herzustellen. Es lässt sich diese Aufgabe am einfachsten in der Weise lösen, dass man denselben auf eine horizontale und eine möglichst günstig stehende vertikale Ebene normal projicirt, d. h. Grund- und Aufriss construirt.

Einige einfache geometrische Constructionen, welche dabei Anwendung finden können, sind folgende:

1) Eine gegebene Grade zu halbiren (Taf. I Fig. 1).

Man ziehe die gemeinschaftliche Sehne zweier mit gleichem Radius um die beiden Enden beschriebener Kreisbogen. $Am = An = Bm = Bn$.

2) Einen gegebenen Winkel zu halbiren (Fig. 2).

$CA = CB$. $An = Bn$.

3) In einem gegebenen Punkte einer Geraden ein Loth zu errichten.

a) (Fig. 3). $AC = CB$. $Am = Bm$.

b) (Fig. 4). Um einen beliebigen Punkt 0 beschreibe man einen Kreis, der durch den gegebenen c geht, und ziehe den Durchmesser mn. Dann ist $Cn \perp mC$.

c) (Fig. 5). $lc = lm = mc = mn = mr = rn$.

d) (Fig. 6). $mc = 3$. $mn = 5$. $cn = 4$.

4) Einen rechten Winkel in drei gleiche Theile zu theilen (Fig. 7).

$AC = Cn = An = Bm$.

5) Halbirung eines Winkels mit unzugänglichem Scheitel (Fig. 8).

Ziehe zwei beliebige Gerade querdurch, halbire die in der Figur bezeichneten Winkel und ziehe mn.

6) Durch einen gegebenen Punkt eine Linie nach dem unzugänglichen Scheitel eines Winkels zu ziehen (Fig. 9).

$A'B' \parallel AB$. $B'C' \parallel BC$. $A'C' \parallel AC$.

7) Eine Gerade nach einem beliebigen Verhältnis ($a : b : c : d \ldots$) z. B. in n gleiche Theile zu theilen (Fig. 10).

$Bm \parallel Am$. Trage auf beide $a, b, c, d \ldots$ in beliebigem Maße auf und verbinde die Theilpunkte.

8) Den Mittelpunkt eines Kreises zu finden (Fig. 11).

Halbire AB, ziehe ED senkrecht dazu und mache $EO = OD$.

9) Durch drei gegebene Punkte einen Kreis zu ziehen (Fig. 12).

$Am = An = Bm = Bn = Bm' = Bn' = Cm' = Cn'$.

10) Einen Kreis von gegebenem Halbmesser (r) zu zeichnen, der zwei gegebene Kreise von den Halbmessern R_1 und R_2 von außen berührt (Fig. 13).

Ziehe um letztere Kreise mit den Radien $(R_1 + r)$ resp. $(R_2 + r)$.

11) Einen Kreis von gegebenem Halbmesser zu zeichnen, der zwei gegebene Kreise von den Halbmessern R' u. R'' von innen berührt (Fig. 14).

Ziehe um letztere Kreise mit den Radien $(r - R')$ resp. $(r - R'')$.

12) Zu zwei gegebenen Größen (a, b) die mittlere Proportionale (c) zu finden (Fig. 15).

$AC = a$. $BC = b$. $CD \perp AB$. Dann ist $CD = c$.

13) Zu drei Größen (a, b, c) die vierte Proportionale (x) zu finden (Fig. 16).

$CD = a$. $CA = c$. $CE = b$. $DE \parallel AB$. Dann ist $CB = x$.

14) Graphisches Potenziren (Fig. 17).

$Om = 1$. $On = a$. $np \perp mn$. ($op = a^2$). $qp \perp np$. ($oq = a^3$) etc.

15) Quadrate zu construiren die 2, 3, 4...mal so groß sind als ein gegebenes (Fig. 18).

$AE = DB$. $AH = BG$ etc. ($AEFG = 2 \cdot ABCD$, $AHJK = 3 \cdot ABCD$).

16) Verwandlung eines Vielecks in ein Dreieck von gleichem Inhalt (Fig. 19).

$mC \parallel DB$. ($ABCDE = AmDE$).

17) Den Durchmesser eines Kreises zu finden, der zweimal den Inhalt eines gegebenen hat (Fig. 20).

$OP = AD$. (Kreis OP = 2. Kreis OD).

18) Eine gegebene Kreisfläche in eine beliebige Anzahl conc. Theile zu theilen, die einander gleich sind (Fig. 21).

$02 = 21 = 1f$. $2d \perp of \perp e1$. Ziehe $odef$ und die punktirten Kreise.

19) Eine Gerade (x) zu finden, deren Länge gleich ist dem Umfang eines gegebenen Kreises (Fig. 22).

$AH \perp AB$. $AH = 3AB$. $CD \perp AB$. $CF = OC$. $FG \perp AB$. ($GH = x$).

20) Die Seiten (S_n) des reg. 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8- und 10-Ecks (Fig. 23).

Ziehe um A den angedeuteten Kreisbogen. Die zugehörige Sehne $= S_3$, deren Hälfte $= S_7$. Mache AE = der Hälfte des Radius, $CD \perp AB$ und beschreibe den Boden FD. Dann ist der Abstand $FD = S_5$ und der Abstand von F vom Kreismittelpunkt $= S_{10}$. S_6 = Radius. $S_4 = CB$. S_8 = der Sehne des halben Bogens CB.

21) Eine Ellipse mit gegebenen Achsen zu zeichnen (Fig. 24).

$F_1C = F_2C = AM = MB$. $F_1Q + F_2Q = AB$. Man befestige also in F_1 und F_2 einen Faden von der Länge AB und ziehe die Curve, indem man ihn mit dem Bleistift anspannt, oder construire: $PH \parallel MD$. $PJ \parallel SM$.

22) Eine Tangente an eine Ellipse zu ziehen (Fig. 24).

$MK = AM + MD$. $SP \perp KP$, oder halbire Winkel QRF_1.

23) Angenäherte Construction einer Ellipse (Fig. 25).

$CD = AM - CM$. $AX = XD$. Nun ziehe man mit den Radien Am und nC Kreisbogen um m resp. n und wiederhole die Construction auf der andern Seite.

24) Construction einer Hyperbel, deren Scheitel und Brennpunkte gegeben sind (Fig. 26).

Construire erst mit BC, dann mit AC (C beliebig) um F_1 u. F_2 Kreise.

25) Tangente an eine Hyperbel (Fig. 26).

Halbire den Winkel $F_1 P F_2$.

26) Assymptoten der Hyperbel (Fig. 26).

$AC = BC = F_1 M$. $ab \parallel AB$. $af \parallel CD \parallel bd$.

27) Construction einer Parabel, deren Scheitel und Brennpunkt gegeben ist (Fig. 27).

$MA = FA$. $MB = FP$ (B beliebig). $BP \perp MB$.

28) Construction einer gemeinen Cycloide (Fig. 28).

Gerade (A—XII) = Kreis (A—12). Ziehe die punktirten Parallelen und Kreise.

29) Construction der Epicycloide (Fig. 29).

Bogen (A—XII) = Kreis (A—12). Beschreibe die punktirten Bogen.

30) Construction der Kreisevolvente (Fig. 30).

$A1 = a1$, $A2 = b2$. $AB = BA'$ etc.

Ist eine der beiden Projectionen Grund- und Aufriss gezeichnet, so kann die andere nicht mehr ganz willkürlich gewählt werden, sondern es müssen die Verbindungslinien entsprechender Punkte sämmtlich normal sein zur Trennungslinie der beiden Projectionen (Taf. II, Fig. 1). Durch Grundriss und Aufriss zusammen ist jede andere Projection bestimmt und lässt sich ohne Mühe durch Zeichnung daraus darstellen.

Man dreht zu diesem Zwecke einfach den Körper zuerst um eine Normale zum Grundriss, dann um eine solche zum Aufriss, oder auch umgekehrt, wie es die wohl ohne weiteres verständlichen Figuren 1—9 auf Taf. II und Fig. 1—3, Taf. III zeigen.

Dieses Verfahren der schiefen Projection führt auch ohne Schwierigkeit (wenigstens theoretisch) zur Lösung der Aufgabe, den Durchschnitt eines Körpers mit einer gegebenen Ebene oder auch mit einem zweiten Körper zu finden.

Im ersteren Fall denke man sich den Körper zunächst so gedreht, dass die schneidende Ebene in einer der Projectionen als gerade Linie erscheint, und dann weiter so, dass dieselbe der andern Projectionsebene parallel wird. In dieser erscheint dann die Schnittfigur in ihrer wahren Gestalt (Taf. III, Fig. 4).

Im andern Fall lege man parallel zum Grundriss eine geeignete Anzahl paralleler Ebenen, deren Schnittlinien mit beiden Körpern im Grundriss in ihrer wahren Form erscheinen, und bestimme nun die Schnittpunkte der letzteren. Dies sind Punkte, welche beiden Körperoberflächen gemeinsam sind, so dass sich die Schnittlinie der letzteren durch Verbinden der gefundenen Punkte sowohl im Aufriss wie Grundriss leicht construiren lässt (Taf. V, Fig. 5).

Eine nützliche und instructive Construction ist ferner die einer Schraube, wie sie die Fig. 1—3, Taf. IV zeigen, ferner die Zeichnung

der Schnittcurven bei abwickelbaren Flächen, wie dies die Fig. 4 und 5 (Taf. V) für das schiefe T-Rohr Fig. 3, und die Fig. 1 und 2 für ein ähnliches gerades T-Rohr darstellen.

Liefert nun auch die Methode der normalen Projection durchaus correcte und bei schiefer Stellung des Körpers recht anschauliche Ansichten der Objekte, so ist sie doch bei complicirteren Fällen in Folge der nöthigen, allzu zahlreichen Hülfslinien häufig schwer durchzuführen. Man kann sich dann behelfen mit der schiefwinkligen Projection oder Parallelperspective, welche die Gegenstände so darstellt, wie sie durch schief auffallendes Licht als Schattenbilder an einer Wand oder auf einem Schirm erscheinen würden, wenn wir einzig die Contouren derselben, etwa aus Draht hergestellt, vorhanden dächten. Das Wesentliche der praktischen Ausführung besteht darin, dass man an den ungeänderten, einfachen Aufriss in schräger Richtung und verkürztem Maße die Linien des Grundrisses ansetzt. Den einfachsten Fall dieser Art bildet die Darstellung des Langwürfels (Taf. IV, Fig. 4—6). Complicirtere Gebilde sucht man in Langwürfel zu zerlegen oder mit solchen zu umschreiben (Taf. IV, Fig. 7—10). Krummflächige Figuren denkt man sich am vortheilhaftesten durch eine Schaar paralleler Ebenen (bei Rotationskörpern normal zur Achse) geschnitten und sucht die Projectionen ihrer Schnittlinien.

Derartige schiefwinklige Projectionen haben namentlich dann, wenn ein einfaches Verkürzungsverhältnis ($^1/_2$ oder 1) gewählt wird, den großen Vortheil, dass die Maße unmittelbar der einen Zeichnung entnommen werden können. Die anschaulichsten Bilder liefert das Verhältnis 1 : 3.

Handelt es sich nicht um eine für praktische Ausführung unmittelbar verwerthbare, sondern um eine möglichst naturwahre Zeichnung, so genügt weder die normale, noch die schiefwinklige Projection, es muss dann die eigentliche malerische oder conische Perspective verwendet werden, d. h. die Projection auf eine vertikal stehende Ebene unter der Voraussetzung, dass die Projectionsstrahlen nicht wie bei den andern beiden Arten parallel sind, sondern von einem Punkte ausgehen. Auch diese Projectionsweise lässt sich ohne weitere Berechnungen in einfacher Weise aus dem gegebenen Grund- und Aufriss eines Gegenstandes einzig durch Constructionen mit Lineal und Zirkel ableiten, und zwar nach folgender Regel:

Man ziehe zunächst im Aufriss (Taf. V, Fig. 6 und 7) eine horizontale Linie, markire darin einen Punkt O (Augenpunkt) und schneide alsdann rechts und links davon in der Entfernung des Auges von der Projectionsebene eine Strecke OD (OD') ab, ziehe ebenfalls durch den abzubildenden Punkt des Aufrisses z. B. S eine Horizontale und schneide auf dieser links resp. rechts eine Strecke ab, gleich der Distanz des betreffenden Punktes von der Projectionsebene, gemessen im Grundriss (ss' und

ss''). Nun verbinde man den Punkt S' mit dem (Distanz-) Punkt D und den abzubildenden Punkt S mit dem Augenpunkt O. Der Durchschnitt $\mathfrak{S}$ der beiden Verbindungslinien ist der gesuchte Bildpunkt. Die Figur zeigt die Ausführung der Construction für die Darstellung einer Pyramide und eines Langwürfels. Die schwach ausgezogenen Linien bedeuten den ursprünglich gegebenen Auf- und Grundriss, die punktirten die Hilfslinien, die stark ausgezogenen das gesuchte perspectivische Bild.

B. Berechnung.

I. Algebraische Formeln.

1) Umformungen.

$a-b=-b+a.$	$\frac{a-c}{b}=\frac{a}{b}-\frac{c}{b}.$	$\sqrt[b]{a^c}=a^{\frac{c}{b}}.$
$a+(b-c)=a+b-c.$	$\frac{a}{b}\cdot c=\frac{ac}{b}.$	$a^m\cdot b^m=(ab)^m.$
$a-(b-c)=a-b+c.$	$\frac{a}{b}:c=\frac{a}{bc}.$	$a^m:b^m=\left(\frac{a}{b}\right)^m.$
$a\cdot b=b\cdot a.$	$a:\frac{b}{c}=\frac{ac}{b}.$	$(a^b)^c=a^{bc}.$
$a(b\cdot c)=abc.$	$\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}=\frac{ac}{bd}.$	$\log(ab)=\log a+\log b.$
$(a-b)c=ac-bc.$	$\frac{a}{b}:\frac{c}{d}=\frac{ad}{bc}.$	$\log\frac{a}{b}=\log a-\log b.$
$(a-b)(c-d)=ac-bc-ad+bd.$	$a^b\cdot a^c=a^{b+c}.$	$\log a^c=c\log a.$
$\frac{a}{b}=\frac{ac}{bc}.$	$a^b:a^c=a^{b-c}.$	${}^{b}\log a={}^{c}\log a:{}^{c}\log b.$

2) Gleichungen.

$ax+b=0$ Lösung: $x=-\frac{b}{a}.$

$$\left.\begin{array}{l} ax+by+c=0 \\ Ax+By+C=0 \end{array}\right\} \quad » \quad x=\frac{bC-Bc}{aB-Ab}. \quad » \quad y=\frac{Ac-aC}{aB-Ab}.$$

$$\left.\begin{array}{l} a_1x+b_1y+c_1z=d_1 \\ a_2x+b_2y+c_2z=d_2 \\ a_3x+b_3y+c_3z=d_3 \end{array}\right\}$$

$$» \quad x=\frac{d_1(b_1c_3-b_3c_2)+d_2(b_3c_1-b_1c_3)+d_3(b_1c_2-b_2c_1)}{a_1(b_2c_3-b_3c_2)+a_2(b_3c_1-b_1c_3)+a_3(b_1c_2-b_2c_1)}.$$

$$» \quad y=\frac{d_1(a_2c_3-a_3c_2)+d_2(a_3c_1-a_1c_3)+d_3(a_1c_2-a_2c_1)}{b_1(a_2c_3-a_3c_2)+b_2(a_3c_1-a_1c_3)+b_3(a_1c_2-a_2c_1)}.$$

$$» \quad z=\frac{d_1(a_2b_3-a_3b_2)+d_2(a_3b_1-a_1b_3)+d_3(a_1b_2-a_2b_1)}{c_1(a_2b_3-a_3b_2)+c_2(a_3b_1-a_1b_3)+c_3(a_1b_2-a_2b_1)}.$$

$x^2+ax=b$ » $x=-\frac{a}{2}\pm\sqrt{b+\left(\frac{a}{2}\right)^2}.$

$x^3+ax^2+bx+c=0.$ Umformung: $x_1^3+b_1x_1+c_1=0$,

wobei $x_1=x-\frac{a}{3}$; $b_1=b-\frac{a^2}{3}$; $c_1=c-\frac{ab}{3}+\frac{2}{27}a^3.$

Lösung: $x_1 = \sqrt[3]{-\frac{c_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{b_1}{3}\right)^3 + \left(\frac{c_1}{2}\right)^2}} + \sqrt[3]{-\frac{c_1}{2} - \sqrt{\left(\frac{b_1}{3}\right)^3 + \left(\frac{c_1}{2}\right)^2}}$,

oder $x_1 = y \cdot \sin \varphi^0$ und: $= y \sin(60^0 - \varphi^0)$ und: $= -y \sin(60^0 + \varphi^0)$,

wobei: $y = \sqrt{-\frac{4}{3} b_1}$, $\sin 3\varphi^0 = \frac{c}{2}\left(-\frac{3}{b_1}\right)^{\frac{3}{2}}$.

Gibt die Gleichung $X = o$ für x_1 das kleine Resultat X_1, für x_2 das kleine Resultat X_2, so ist: $x = (x_1 X_2 - x_2 X_1) : (X_2 - X_1)$.

3) Reihen.

$$(a \pm x)^n = a^n \pm n a^{n-1} x + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^{n-2} x^2 \pm \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^{n-3} x^3 + \ldots + x^n.$$

$$\frac{2a + (n-1)d}{2} \cdot n = a + (a+d) + (a + 2d) + \ldots + (a + (n-1)d).$$

$$\frac{n(n+1)(n+2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 1 + 3 + 6 + 10 + 15 + \ldots + \frac{n(n+1)}{2}.$$

$$\frac{n(n+1)(2n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 1 + 4 + 9 + 16 + 25 + \ldots + n^2.$$

$$\tfrac{1}{4} n^4 + \tfrac{1}{2} n^3 + \tfrac{1}{4} n^2 = 1 + 8 + 27 + 64 + 125 + \ldots + n^3.$$

$$a \cdot \frac{b^n - 1}{b - 1} = a + ab + ab^2 + ab^3 + \ldots + ab^{n-1}.$$

$$a^x = 1 + \frac{x}{m} + \frac{1}{1 \cdot 2}\left(\frac{x}{m}\right)^2 + \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3}\left(\frac{x}{m}\right)^3 + \ldots \quad \left(\frac{1}{m} = \text{log. nat. } a\right).$$

$$\text{log. nat.}(1 + x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^6}{6} + \ldots$$

$$\sin x = \frac{x}{1} - \frac{x^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{x^5}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} - \frac{x^7}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7} + \ldots$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{1 \cdot 2} + \frac{x^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} - \frac{x^6}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6} + \ldots$$

$$\text{tg } x = x + \frac{1}{3} x^3 + \frac{2}{15} x^5 + \frac{17}{315} x^7 + \ldots$$

4) Differentialformeln.

$$d a = o$$

$$d(ax) = a\,dx$$

$$dx^m = m x^{m-1} dx$$

$$d a^x = a^x \log \text{nat } a\, dx$$

$$d \overset{a}{\log} x = \frac{1}{\log \text{nat } a} \cdot \frac{dx}{x}$$

$$d \sin x = \cos x \cdot dx$$

$$d \cos x = -\sin x\, dx$$

$$d \text{ tg } x = \frac{dx}{\cos^2 x}$$

$$d \text{ arc } \sin x = \frac{dx}{\sqrt{1 - x^2}}$$

$$d \text{ arc } \cos x = -\frac{dx}{\sqrt{1 - y^2}}$$

$$d \text{ arc tg } x = \frac{dx}{1 + x^2}.$$

$$d(f(x) + \varphi(x)) = d f(x) + d\varphi(x).$$

$$d a f(x) = a\, d f(x).$$

$$d f(x) \varphi(x) = f(x)\, d\varphi(x) + \varphi(x)\, d f(x)$$

$$d \frac{f(x)}{\varphi(x)} = \frac{\varphi(x)\, d f(x) - f(x)\, d\varphi(x)}{(\varphi(x))^2}$$

$$\frac{d f(t)}{dx} = \frac{d f(t)}{dt} \cdot \frac{dt}{dx}$$

$$d f(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} dx + \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} dy$$

$$f(x, y) = 0 \qquad \frac{dy}{dx} = -\frac{df}{dx} : \frac{df}{dy}$$

$$\frac{d f(x)}{dx} = 0 \text{ für } f(x) = \text{max. oder min.}$$

$$\frac{f(a)}{\varphi(a)} = \frac{o}{o} = \frac{d f(a)}{da} : \frac{d\varphi(a)}{da}$$

$$f(x+h) = f(x) + \frac{h}{1}\frac{df(x)}{dx} + \frac{h^2}{1\cdot 2}\frac{d^2 f(x)}{dx^2} + \dots$$

$$f(x) = f(o) + \frac{x}{1}\frac{df(o)}{do} + \frac{x^2}{1\cdot 2}\frac{d^2 f(o)}{do} + \dots$$

5) Integralformeln.

$$\int a\,dx = ax + C$$

$$\int x^m\,dx = \frac{x^{m+1}}{m+1} + C$$

$$\int a^x\,dx = \frac{a^x}{\text{log. nat } a} + C$$

$$\int \frac{dx}{x} = \log\text{nat } a \cdot \overset{a}{\log} x + C$$

$$\int \cos x\,dx = \sin x + C$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \text{arc sin } x + C$$

$$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \text{tg } x + C$$

$$\int \frac{dx}{1+x^2} = \text{arc tg } x + C$$

$$\int (f(x)\,dx + \varphi(x)\,dx) = \int f(x)\,dx + \int \varphi(x)\,dx$$

$$\int a f(x)\,dx = a\int f(x)\,dx$$

$$\int f(x)\,dx = \int f(\varphi(z))\frac{d\varphi(z)}{dz}\,dz \quad (x = \varphi(z)).$$

$$\int f(x)\frac{d\varphi(x)}{dx}\,dx = f(x)\,\varphi(x) - \int \varphi(x)\frac{df(x)}{dx}\cdot dx.$$

II. Geometrische Formeln.

1) Ebene Trigonometrie.

Ordinate und Hypotenuse: $\frac{a}{c} = \sin\alpha$.

Abscisse und Hypotenuse: $\frac{b}{c} = \cos\alpha$.

Abscisse und Ordinate: $\frac{a}{b} = \text{tg }\alpha = \frac{1}{\text{ctg }\alpha}$.

Pythagoräischer Satz: $c^2 = a^2 + b^2$.

Winkelsumme: $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$.

Sinussatz: $\sin\alpha : \sin\beta : \sin\gamma = a : b : c$.

Cosinussatz: $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$.

Tangentensatz: $\frac{a+b}{a-b} = \frac{\text{tg }\frac{\alpha+\beta}{2}}{\text{tg }\frac{\alpha-\beta}{2}}$.

a = Ordinate, b = Abscisse, c = Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, α = Winkel gegenüber a. a, b, c = Seiten eines beliebigen Dreiecks, α, β, γ = gegenüberliegende Winkel.

2) Rectification.

Kreisumfang: πd.

Kreisbogen: $\frac{\pi d \alpha}{360}$.

Ellipse: $\pi(a+b)\left(1 + \frac{1}{4}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^2 + \frac{1}{64}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^4 + \frac{1}{256}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^6 + \dots\right)$

Cycloide: $8r$.

Epi-, Hypo-, Pericycloide: $\frac{8r(R+r)}{R}$, $\frac{8r(R-r)}{R}$, $\frac{8r(r-R)}{R}$.

Kreisevolvente: $\frac{u^2}{2R}$.

Gedrückter Bogen: $s\left(1+\frac{8}{3}\left(\frac{h}{s}\right)^2\right)$.

Beliebiger Bogen: $\int\sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\,dx$.

$\pi = 3{,}14159265358979\ldots (\log \pi = 0{,}4971499)$.

d = Durchmesser des Kreises, α = Centriwinkel des Bogens, a, b = große und kleine Halbachse der Ellipse, r = Radius des Erzeugungskreises, R = Radius des Grundkreises, u = abgewickelter Bogen, h, s = Höhe und Sehne des gedrückten Bogens.

3) Quadratur.

Parallelogramm: $g \cdot h$.

Dreieck: $\frac{gh}{2}$, $\frac{bc\cdot\sin\alpha}{2}$, $\frac{c^2\sin\alpha\cdot\sin\beta}{2\cdot\sin\gamma}$

$\sqrt{\frac{s}{2}\left(\frac{s}{2}-a\right)\left(\frac{s}{2}-b\right)\left(\frac{s}{2}-c\right)}\quad s=a+b+c$.

Trapez: $\frac{g_1+g_2}{2}\cdot h$.

Kreis: πr^2.

Ringfläche: $\pi(r_1^2-r_2^2)$.

Kreissektor: $\frac{\pi r^2\alpha}{360}$.

Kreissegment: $\left(\frac{\pi\alpha}{180}-\sin\alpha\right)\frac{r^2}{2}$.

Ringstück: $\frac{\pi\alpha}{360}(r_1^2-r_2^2)$.

Ellipse: $\pi\,.\,ab$.

Ellipsensegment: $(\beta-\sin\beta)\frac{ab}{2}$.

Hyperbelsegment: $\frac{ab}{2}\log\text{nat}\left(\frac{2a}{c}\right)$.

Parabelsegment: $\frac{2}{3}xy$.

Niedriges beliebiges Segment: $\frac{2}{3}s\cdot h$.

Beliebiges Segment: $\int y\,dx$.

Simpson's Regel: $\frac{a(h_0+4h_1+h_2)}{6}$, $\frac{a(h_0+3(h_1+h_2)+h_3)}{8}$,

$\left(\frac{1}{2}h_0+h_1+h_2+\ldots+\frac{1}{2}h_n\right)\frac{a}{n}$.

g = Grundlinie, h = Höhe, a, b, c; α, β, γ = Seiten und gegenüberliegende Winkel eines Dreiecks, g_1, g_2 = parallele Seiten eines Trapezes, r_1, r_2 = größerer und kleinerer Radius eines Ringes, r, α = Radius und Centriwinkel des Kreises, a, b = Halbachsen der Ellipse, β = Centriwinkel, symmetrisch zur großen Achse,

a, b = Halbachsen der Hyperbel, e = Excentricität = $\sqrt{a^2+b^2}$, u = Abscisse auf der einen Assymptote, x, y = letzte Ordinate und Abscisse des Parabelstücks, s, h = Sehne und Höhe des Segments, $h_0 \dots h_n$ = Höhen in gleichen Abständen.

4) Sphärische Trigonometrie.

Ordinate und Hypotenuse: $\sin A = \frac{\sin a}{\sin c}$.

Abscisse und Hypotenuse: $\cos A = \frac{\operatorname{tg} b}{\operatorname{tg} c}$.

Zwei Katheten und ein Winkel: $\operatorname{tg} A = \frac{\operatorname{tg} a}{\sin b}$.

Katheten und Hypotenuse: $\cos c = \cos a \cdot \cos b$.

Eine Kathete und zwei Winkel: $\cos a = \frac{\cos A}{\sin B}$.

Hypotenuse und Winkel: $\cos c = \operatorname{ctg} A \cdot \operatorname{ctg} B$.

Sinussatz: $\sin a : \sin b : \sin c = \sin A : \sin B : \sin C$.

Cosinussatz: $\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C$.

Tangentensatz: $\operatorname{tg} \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s-a)\sin(s-b)}{\sin s \cdot \sin(s-c)}}, \quad s = \frac{a+b+c}{2}$.

a, b = Katheten eines rechtwinkligen sphärischen Dreiecks, A, B = gegenüberliegende Winkel, c = Hypotenuse, a, b, c = Seiten eines beliebigen sphärischen Dreiecks, A, B, C = gegenüberliegende Winkel.

5) Complanation.

Gerader Cylinder: $2\pi r h$.

Gerader Kegel: $\pi r \sqrt{r^2+h^2}$.

Kugel: $4\pi r^2$.

Kugelzone und Calotte: $2\pi r h$.

Zweieck: $\frac{\pi r^2 \alpha}{360}$.

Sphärisches Dreieck: $\left(\frac{\alpha+\beta+\gamma}{180} - 1\right)\pi r^2$.

Rotationsfläche: $\frac{\beta}{180}\pi r l$.

Beliebige Fläche: $\iint \sqrt{1+\left(\frac{dz}{dx}\right)^2+\left(\frac{dz}{dy}\right)^2}\, dx\, dy$.

r = Radius von Cylinder, Kegelbasis und Kugel, h = Höhe von Cylinder, Kegel und Kugelzone oder Calotte, α = Winkel des Zweiecks, α, β, γ = Winkel des sphärischen Dreiecks, β, l = Umdrehungswinkel und Länge der Erzeugungslinie, r = Abstand des Schwerpunktes der Erzeugungslinie von der Achse.

6) Kubatur.

Prisma: fh.

Schief abgeschnittenes Prisma: $\frac{f(h_1+h_2+h_3)}{3}$.

Pyramide: $\frac{fh}{3}$.

Abgekürzte Pyramide: $(f_1+\sqrt{f_1 \cdot f_2}+f_2)\frac{h}{3}$.

Obelisk:	$(2(a_1 b_1 + a_2 b_2) + a_1 b_2 + a_2 b_1)\frac{h}{6}$.
Keil:	$(2a_1 + a_2)\frac{b_1 h}{6}$.
Cylinder:	$\pi r^2 h$.
Röhre:	$\pi(r_1^2 - r_2^2)h$.
Gewölbe:	$\frac{\beta}{360}\pi(r_1^2 - r_2^2)h$.
Kegel:	$\frac{\pi r^2 h}{3}$.
Abgekürzter Kegel:	$\pi(r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)\frac{h}{3}$.
Kugel:	$\frac{4}{3}\pi r^3$.
Hohlkugel:	$\frac{4}{3}\pi(r_1^3 - r_2^3)$.
Kugelausschnitt:	$\frac{2}{3}\pi r^2 h$.
Kugelabschnitt:	$\pi h^2\left(r - \frac{h}{3}\right)$.
Kugelzone:	$\frac{\pi h}{3}\left(a^2 + b^2 + \frac{h^2}{3}\right)$.
Cylindrischer Ring:	$2\pi^2 R r^2$.
Körperliches Dreieck:	$\left(\frac{\alpha+\beta+\gamma}{180} - 1\right)\frac{\pi r^3}{3}$.
Ellipsoid:	$\frac{4}{3}\pi a b c$.
Kübel:	$\frac{\pi h}{6}(2(ab + a_1 b_1) + a b_1 + a_1 b)$.
Fass:	$\frac{\pi l}{3}(2r_1^2 + r_2^2)$.
Rotationskörper:	$\frac{\beta}{280}\pi r f$.
Simpson's Regel:	$(f_0 + 4(f_1 + f_3) + 2f_2 + f_4)\frac{h}{12}$.
Beliebiger Körper:	$\iint z\, dx\, dy$.

f = Grundfläche, h = Höhe, h_1, h_2, h_3 = Höhen der 3 Ecken der Schnittfläche, f_1, f_2 = untere und obere Grundfläche, a_1, b_1, a_2, b_2 = Seiten der unteren bezw. oberen rectangulären Grundfläche, a_2 = Länge der Schneide des Keils, r = Radius, r_1, r_2 = größter und kleinster Radius, β, h = Centriwinkel bezw. Länge des Gewölbes, a, b = Halbmesser der Grundflächen der Kugelzone, R, r = Radius des Ringes und seines Querschnitts, α, β, γ = Winkel des sphärischen Dreiecks, a, b, c = Halbachsen des Ellipsoids, a, b, a_1, b_1 = Halbachsen der oberen und unteren Grundfläche des Kübels, h = Höhe desselben, l = Länge des Fasses, r_1, r_2 = halbe Spund- bezw. Bodenweite, β = Umdrehungswinkel, r = Abstand des Schwerpunkts der Erzeugungslinie von der Achse, f = Inhalt der Erzeugungsfläche, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4 = Querschnitte in gleichen Abständen.

III. Physikalische Formeln.

1. Schwerpunkte.

Schwerpunkt eines Kreisbogens.

$$z = \frac{rs}{b} = \frac{2 \cdot \sin \frac{1}{2} \beta}{\beta} \cdot r .$$

z = Abstand des Schwerpunkts vom Kreismittelpunkt, r = Radius, s, b = Länge der Sehne, bezw. des Bogens, β = Centriwinkel.

Schwerpunkt eines Dreiecks.

$$z = \frac{h}{3} .$$

z = Abstand des Schwerpunkts von der Grundlinie, h = Höhe des Dreiecks.

Schwerpunkt eines Trapezes.

$$z = \frac{b_1 + 2\,b_2}{b_1 + b_2} \cdot \frac{h}{3} .$$

z = Abstand des Schwerpunkts von der Basis, b_1 = Basis, b_2 = zur Basis parallele Seite, h = Abstand der beiden Parallelen.

Schwerpunkt eines Kreisausschnitts.

$$z = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\beta} \cdot r .$$

z = Abstand des Schwerpunkts vom Centrum, β = Centriwinkel, r = Radius.

Schwerpunkt eines Kreisabschnitts.

$$z = \frac{s^3}{12\,f} .$$

z = Abstand des Schwerpunkts vom Centrum, s = Sehne, f = Inhalt des Kreisabschnitts.

Schwerpunkt eines concentrischen Ringstücks.

$$z = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\beta} \cdot \frac{r_1^3 - r_2^3}{r_1^2 - r_2^2} .$$

z = Abstand des Schwerpunkts vom Centrum, β = Centriwinkel, r_1, r_2 = Radien.

Schwerpunkt eines Parabelstücks.

$$u = \frac{3}{5}\,a \qquad v = \frac{3}{8}\,b .$$

u = Abscisse, auf der Achse der Parabel vom Scheitel gerechnet, v = Ordinate des Schwerpunkts, a, b = Basis, Höhe des Parabelstücks (Abscisse, Ordinate des Endpunkts).

Schwerpunkt eines Kegelmantels.

$$z = \frac{h}{3} .$$

z = Abstand von der Basis auf h gemessen, h = Verbindungslinie der Spitze mit dem Schwerpunkt der Basis.

Schwerpunkt einer Kugelzone.

$$z = \frac{h}{2}.$$

z = Abstand des Schwerpunkts von einer der Grundflächen, h = Verbindungslinie der Mittelpunkte der Grundflächen.

Schwerpunkt einer Pyramide.

$$z = \frac{h}{4}.$$

z = Abstand von der Basis gemessen auf h, h = Verbindungslinie der Spitze mit dem Schwerpunkt der Basis.

Schwerpunkt einer abgekürzten Pyramide.

$$z = \frac{f_1 + 2\sqrt{f_1 f_2} + 3 f_2}{f_1 + \sqrt{f_1 f_2} + f_2} \cdot \frac{h}{4}.$$

z = Abstand des Schwerpunkts von der größeren Basis, h = Höhe, f_1, f_2 = größere und kleinere Grundfläche.

Schwerpunkt eines abgekürzten Kegels.

$$z = \frac{r_1^2 + 2 r_1 r_2 + 3 r_2^2}{r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2} \cdot \frac{h}{4}.$$

z = Abstand des Schwerpunkts von der großen Basis, h = Höhe, r_1, r_2 = Radien der größeren und kleineren Basis.

Schwerpunkt eines Obelisken.

$$z = \frac{a_1 b_1 + 3 a_2 b_2 + a_1 b_2 + a_2 b_1}{2 a_1 b_1 + 2 a_2 b_2 + a_1 b_2 + a_2 b_1} \cdot \frac{h}{2}.$$

z = Abstand des Schwerpunkts von der Basis $a_1 b_1$, h = Höhe, $a_1 b_1$, $a_2 b_2$ = Seiten der rechteckigen Grundfläche.

Schwerpunkt eines Kugelausschnitts.

$$z = \frac{3}{4}\left(r - \frac{h}{2}\right).$$

Schwerpunkt eines Kugelabschnitts.

$$z = \frac{3(2r - h)^2}{4(3r - h)}.$$

z = Abstand des Schwerpunkts vom Kugelmittelpunkte, r = Kugelradius h = Höhe der begrenzenden Kugelhaube bezw. des Kugelabschnitts.

Schwerpunkt eines Punktsystems.

$$x = \frac{P_1 x_1 + P_2 x_2 + \ldots}{P_1 + P_2 + \ldots}.$$

x = Abstand des Schwerpunkts von einer beliebigen Ebene, $x_1, x_2 \ldots$ = Abstände der Punkte von derselben, $P_1, P_2 \ldots$ = Gewichte der einzelnen Punkte.

Schwerpunkt eines homogenen Körpers.

$$y_0 = \frac{\int y\, di}{\int di}.$$

y_0 = Ordinate des Schwerpunkts, y = Ordinate eines beliebigen Punktes, i = Inhalt des Körpers.

2. Trägheitsmomente.

Trägheitsmoment eines Dreiecks.

$$W = \frac{b\,h^3}{36} \qquad e_1 = \frac{2}{3}\,h \qquad e_2 = \frac{1}{3}\,h\,.$$

W = Trägheitsmoment (Tr.-M.) bez. der neutralen Linie, e_1, e_2 = Entfernungen der neutralen Linie von der Spitze resp. Basis. h, b = Höhe und Basis des Dreiecks.

Trägheitsmoment eines Trapezes.

$$W = \frac{(b^2 + 4\,b\,b_1 + b_1^2)\,h^3}{36\,(b + b_1)} \qquad e_1 = \frac{(2\,b + b_1)\,h}{3\,(b + b_1)} \qquad e_2 = \frac{(b + 2\,b_1)\,h}{3\,(b + b_1)}\,.$$

W = Tr.-M. bez. der neutralen Linie, e_1, e_2 = Abstände der neutralen Linie von den Grundlinien, b_1, b = Länge dieser Grundlinien, h = Entfernung derselben.

Trägheitsmoment eines Rechtecks.

$$W = \frac{b\,h^3}{12} \qquad e = \frac{1}{2}\,h\,.$$

W = Tr.-M. bez. der Mittellinie, e = Abstand der Mittellinie von der Basis, b, h = Basis und Höhe.

Trägheitsmoment eines Quadrats.

$$W = \frac{h^4}{12} \qquad e = \frac{h}{\sqrt{2}}\,.$$

W = Tr.-M. bez. einer Diagonale, e = Abstand der Diagonale von einem Eckpunkte, h = Seite des Quadrats.

Trägheitsmoment eines regelmäßigen Sechsecks.

$$W = \frac{5\sqrt{3}}{16} \cdot s^4 \qquad e = \frac{s\sqrt{3}}{2}\,.$$

W = Tr.-M. bez. der Verbindungslinie zweier gegenüberliegender Eckpunkte, e = Abstand derselben von einer parallelen Seite, s = Seitenlänge des Sechsecks.

Trägheitsmoment eines Kreises.

$$W = \frac{\pi}{64}\,d^4 \quad . \quad e = \frac{1}{2}\,d\,.$$

W = Tr.-M. bez. eines Durchmessers, e = Radius, d = Durchmesser des Kreises.

Trägheitsmoment einer Ellipse.

$$W = \frac{\pi}{64}\,b\,h^3 \qquad e = \frac{1}{2}\,h\,.$$

W = Tr.-M. bez. der kleineren Achse, b, h = kleinere und größere Achse, e = Hälfte der größeren Achse.

Trägheitsmoment (polares) eines Kreises.

$$T = \frac{M\,R^2}{2}\,.$$

T = Tr.-M. bez. einer Achse durch den Mittelpunkt senkrecht zur Ebene, M = gesammte Masse der Scheibe, R = Radius derselben.

Trägheitsmoment eines Hohlcylinders.

$$T = M\left(\frac{R^2 + r^2}{2}\right).$$

T = Tr.-M. bez. der Achse, M = Masse des Hohlcylinders, R, r = Radien desselben.

Trägheitsmoment einer geraden Stange.

$$T = \frac{M(L \sin \alpha)^2}{3}.$$

T = Tr.-M. bez. einer Achse, welche durch einen Endpunkt geht, α = Winkel zwischen der Achse und der Stange, M, L = Masse und Länge der Stange.

Trägheitsmoment eines Rechtecks.

$$T = \gamma \frac{b L^3}{3}.$$

T = Tr.-M. bez. der kleineren Seite, b, L = kleinere und größere Seite, γ = Masse der Flächeneinheit.

Trägheitsmoment eines Rotationsparaboloids.

$$T = \frac{M b^2}{3} = \frac{\gamma \pi a b^4}{3}.$$

T = Tr.-M. bez. der Achse, b = Radius der Basis, a = Höhe, γ = Dichte, M = Masse.

Trägheitsmoment eines Kegels.

$$T = \frac{3}{10} M b^2 = \frac{\gamma \pi a b^4}{10}.$$

T = Tr.-M. bez. der Achse, b = Radius der Basis, a = Höhe, γ = Dichte, M = Gesammtmasse.

Trägheitsmoment eines Kugelsegments.

$$T = \frac{\gamma \pi}{30} (20 r^2 a^3 - 15 r a^4 + 3 a^5).$$

T = Tr.-M. bez. der Achse, r = Kugelradius, a = Höhe des Segments, γ = Dichtigkeit.

Trägheitsmoment einer Kugel.

$$T = \frac{8}{15} \gamma \pi r^5 = \frac{2}{3} M r^2.$$

T = Tr.-M. bez. eines Durchmessers, γ, M = Dichte und Gesammtmasse, r = Radius.

Trägheitsmoment bez. einer Achse durch den Schwerpunkt.

$$T = T_s + M a^2.$$

T, T_s = Tr.-M. bez. einer beliebigen und einer dazu parallelen Achse durch den Schwerpunkt, a = Abstand beider Achsen, M = Gesammtmasse des Körpers.

3. Gleichgewicht.

Auflagedruck eines stehenden Winkels (Taf. VI, Fig. 1).

$$S_1 = P \cdot \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \qquad S_2 = P \cdot \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}.$$

$$D_1 = P \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \qquad D_2 = P \cdot \frac{\sin \beta \cdot \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}.$$

P = Druck vertikal abwärts auf das Gelenk, α, β = Winkel der beiden Schenkel mit dem Boden, S_1, S_2 = Schub in horizontaler Richtung, D_1, D_2 = vertikaler Druck der Schenkel auf die Bodenfläche.

Quer in eine rechtwinklige, glatte Rinne gelegte Stange (Taf. VI, Fig. 2).

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{a \operatorname{cotg} \beta - b \operatorname{cotg} \alpha}{a + b}.$$

a, b = Theile der Stange vom Angriffspunkt der auf sie wirkenden Kraft bis zu den Enden, α, β = Winkel der Normalen der Seitenflächen der Rinne mit der Vertikalen, γ = Winkel der Stange mit dem Horizont.

Stange schräg an eine Wand angelehnt (Taf. VI, Fig. 3).

$$D = P, \qquad S = P \cdot \frac{a}{l} \operatorname{cotg} \alpha.$$

D = Vertikaldruck auf den Boden, S = Schub am unteren Ende der Stange, P = Kraft, welche auf die Stange wirkt, a = Entfernung des Angriffspunktes von P vom unteren Ende, l, α = Länge der Stange und Winkel derselben mit dem Boden.

Stange schräg an eine Mauerkante gelehnt (Taf. VI, Fig. 4).

$$D = P \frac{l - a \cos \alpha^2}{l} \qquad S = \tfrac{1}{2} P \frac{a}{l} \sin 2\alpha.$$

D, S = Normaldruck und Schub am unteren Ende, P = Kraft, welche auf die Stange wirkt, l, α = Länge der Stange, resp. Winkel mit dem Boden, a = Entfernung des Angriffspunktes von P vom unteren Ende.

Angelehnte und durch eine Schnur gehaltene Stange (Taf. VI, Fig. 5).

$$S = P \cdot \frac{a}{l} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin (\alpha - \beta)}.$$

S = Schub am unteren Ende, P = wirkende Kraft, l, α = Länge der Stange und Winkel mit dem Boden, β = Winkel der in der Ecke befestigten Schnur mit dem Boden, a = Abstand des Angriffspunktes von P vom unteren Ende.

Oben durch eine Schnur gehaltene Stange (Taf. VI, Fig. 6).

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{c - l \cdot \sin \alpha}{b - l \cdot \cos \alpha} \qquad P\, l \sin (\beta - \alpha) = Q\, a \cos \alpha.$$

β, α = Winkel der Schnur und Stange mit dem Boden, l = Länge der Stange, a = Entfernung des Angriffspunktes von Q vom unteren Ende, Q = Kraft, welche auf die Stange wirkt, P = Kraft, mit welcher die Schnur zieht, c = Höhe des befestigten Endes der Schnur, b = Abstand des Fußpunktes von c vom unteren Ende der Stange.

Schief belastete Achse (Taf. VI, Fig. 7).

$$S = P \cdot \cos \alpha \qquad D_1 = \frac{b}{a + b} P \cdot \sin \alpha \qquad D_2 = \frac{a}{a + b} P \cdot \sin \alpha.$$

S = Druck in der Richtung der Achse, D_1, D_2 = Normaldrucke auf die beiden Lager, a, b = Abstände des Angriffspunktes von P von den Lagern, P, α = Kraft und Winkel, unter welchem sie angreift.

Schief hängender Thürflügel (Taf. VI, Fig. 8).

$$N_1 = P \cdot \frac{\sin (\beta + \gamma) \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} \qquad N_2 = P \cdot \frac{\sin (\alpha - \gamma) \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)} \qquad N_3 = P \cos \gamma.$$

N_1, N_2 = Drucke normal zur Achse, oben und unten, N_3 = Druck in Richtung der Achse, P = Kraft (Schwere), welche auf den Thürflügel wirkt, γ = Winkel zwischen P und der Drehachse, α, β = Winkel der Verbindungslinien des Angriffspunktes von P mit der Drehachse.

In drei Punkten unterstützte Scheibe (Taf VI, Fig. 9).

$$D_1 = P \cdot \frac{p}{h_1} \quad D_2 = P \cdot \frac{q}{h_2} \quad D_3 = P \cdot \frac{r}{h_3}.$$

D_1, D_2, D_3 = Drucke in den drei Punkten, h_1, h_2, h_3 = Höhen des durch sie gebildeten Dreiecks, p, q, r = Normalen vom Angriffspunkt von P auf die Seiten des Dreiecks, P = Kraft, welche auf die Scheibe wirkt.

An eine schiefe Ebene angelehnter Körper (Taf. VI, Fig. 10).

$$P = Q \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{\cos\beta}{\sin\gamma}.$$

$$N = \frac{Q}{a \cdot \sin\gamma} \cdot \sqrt{(b \cdot \cos\beta)^2 + (a \cdot \sin\gamma)^2 - 2ab\sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \sin(\beta - \gamma)} \cdot$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{b \cdot \cos\beta \cdot \cos\gamma + a \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma}{a \cdot \cos\beta \cdot \sin\gamma - b \cdot \cos\beta \cdot \sin\gamma}.$$

P = Kraft, welche an dem Körper an einem Ende angreift, a = Entfernung des Angriffspunktes von P von dem Berührungspunkte, γ = Winkel von P mit a, Q = Kraft, welche an einem Punkt im Körper angreift, b = Entfernung des Angriffspunktes von Q vom Berührungspunkt, α, β = Winkel der schiefen Ebene, bez. von a mit dem Horizont.

Zwei sich gegenseitig stützende Stangen (Taf. VII, Fig. 1).

$$H = \frac{G \cdot c \cdot b_1 + G_1 \cdot c_1 \cdot b}{b \cdot h_1 + b_1 \cdot h} \qquad V = \frac{G \cdot c \cdot h_1 - G_1 \cdot c_1 \cdot h}{b \cdot h_1 - b_1 \cdot h}.$$

H, V = Horizontale, vertikale Componente des gegenseitigen Drucks, G, G_1 = Gewichte, welche an beiden Stangen ziehen, c, c_1 = Hebelarme derselben, b, b_1 h, h_1 = horizontale und vertikale Projectionen der Stangen.

Gleichgewicht einer Verbindung von drei Stangen.

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{\sin(\alpha - \omega)\cos\alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \omega)\cos\alpha}.$$

Q, Q_1 = Belastung des ersten bez. zweiten Gelenkes, α, α_1 = Winkel der ersten, bez. dritten Stange mit dem Horizont, ω = Winkel der zweiten Stange mit dem Horizont.

Schiefliegender Balken.

$$\operatorname{cotg}\beta_1 = \operatorname{tg}\alpha + \frac{P_1\cos(\beta - \alpha)}{P\cos\alpha \cdot \sin\beta} \qquad N_1 = \frac{V + P_1}{\cos\beta_1} = \frac{H}{\sin\beta_1}.$$

$$V = \frac{P \cdot \sin\alpha \cdot \sin\beta}{\cos(\beta - \alpha)} \qquad H = \frac{P \cdot \cos\alpha \cdot \sin\beta}{\cos(\beta - \alpha)}.$$

β_1 = Winkel, welcher der Auflagerungsfläche gegen den Horizont gegeben werden muss, falls der Druck gerade senkrecht auf dieselbe ausfallen soll, N_1 = Druck auf die Auflagerungsfläche, H, V = Horizontalschub und Vertikaldruck, α, β = Winkel des Balkens bez. der Auflagefläche mit dem Horizont, $P_1 = \frac{l_1}{l} \cdot Q$, Q = Last, welche an dem Balken zieht, l_1 = Entfernung des Angriffspunktes von Q vom oberen Ende, l = Länge des Balkens.

Unterstützung durch geneigte Streben (Taf. VI, Fig. 11).

$$S = \frac{P \cdot \cos\alpha_1}{\sin(\alpha + \alpha_1)} \qquad S_1 = \frac{P \cdot \cos\alpha}{\sin(\alpha + \alpha_1)} \qquad H = \frac{P \cdot \cos\alpha \cdot \cos\alpha_1}{\sin(\alpha + \alpha_1)}.$$

S, S_1 = Druckkräfte längs der Streben, P = Balkenlast, α, α_1 = Winkel der Streben mit dem Horizont, H = Horizontalschub an den Auflagepunkten der Streben.

Spannriegel (Taf. VI, Fig. 12).

$$S = \frac{P}{\sin \alpha} \qquad H = P \cdot \operatorname{cotg} \alpha .$$

S = Druck längs einer Strebe, α = Winkel der Strebe mit dem Horizont, P = Balkenlast, H = Horizontalschub längs des Spannriegels.

Hängesäule.

$$S = \frac{P}{2 \cdot \sin \alpha} \qquad H = \frac{P}{2} \operatorname{cotg} \alpha \qquad V = \frac{P}{2} .$$

S = Druck längs einer Strebe, α = Winkel der Streben mit dem Horizont, P = Balkenlast, H = Horizontalschub an den Enden der Streben, V = Vertikaldruck an den Enden der Streben.

Polygonales Sprengwerk (Taf. VI, Fig. 13).

$$V_1 = \tfrac{1}{2} P_0 + P_1 \qquad V_2 = \tfrac{1}{2} P_0 + P_1 + P_2 .$$

$$H = \tfrac{1}{2} P_0 \operatorname{cotg} \alpha_0 + (\tfrac{1}{2} P_0 + P_1) \operatorname{cotg} \alpha_1 + (\tfrac{1}{2} P_0 + P_1 + P_2) \operatorname{cotg} \alpha_2 .$$

$$S = \frac{P_0}{2 \cdot \sin \alpha_0} \qquad S_1 = \frac{P_0 + 2 P_1}{2 \cdot \sin \alpha_1} \qquad S_2 = \frac{P_0 + 2(P_1 + P_2)}{2 \cdot \sin \alpha_2} .$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \left(1 + \frac{2 P_1}{P_0}\right) \operatorname{tg} \alpha_0 \qquad \operatorname{tg} \alpha_2 = \left(1 + \frac{2(P_1 + P_2)}{P_0}\right) \operatorname{tg} \alpha_0 .$$

V_1, V_2 = Vertikaldruck in D bez. E, α_0, α_1, α_2 = Winkel der Sparren mit dem Horizont, H = Horizontalschub, P_0, P_1, P_2 = Lasten in C, D und E, S, S_1, S_2 = Spannungen der Streben.

Bogenförmiges Sprengwerk.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2a}{b} \qquad y = b \sqrt{\frac{x}{a}} \qquad H = \frac{b}{2a} Q .$$

$$V = \frac{y}{b} \cdot Q \qquad S = Q \sqrt{\left(\frac{b}{2a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2} .$$

α = Neigungswinkel des Bogens am Fußpunkte, a = Höhe des Sprengwerks, b = halbe Spannweite, x, y = Abscisse (vom Scheitel vertikal abwärts gerechnet) und Ordinate eines Punktes, H = Horizontalabspannung an allen Punkten, V = Vertikalabspannung an einem Punkt, S = Gesammtspannung daselbst, Q = halbe Balkenlast.

Kettenlinie.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{s}{c} \qquad V = s \cdot \gamma \qquad S = \gamma \sqrt{l^2 + c^2} \qquad H = c \cdot \gamma .$$

$$c = \frac{s^2 - x^2}{2x} \qquad s = \frac{c}{2}\left(e^{+\frac{y}{c}} - e^{-\frac{y}{c}}\right) .$$

$$x = \frac{c}{2}\left(e^{+\frac{y}{c}} + e^{-\frac{y}{c}}\right) - c \qquad y = \frac{s^2 - x^2}{2x} \log \operatorname{nat} \frac{s + x}{s - x} .$$

φ = Winkel der Tangente mit dem Horizont, V, H = Vertikalspannung und Horizontalschub, S = tangentiale Endspannung, x, y = Abscisse und Ordinate eines Punktes, vom tiefsten Punkte, d. h. der Mitte aus gerechnet (x senkrecht nach oben), γ = Gewicht eines Meters, s = Länge des Kettenstücks von dem Punkte (x, y) bis zur Mitte.

Stabilität eines Langwürfels.

$$K \cdot h = G \cdot b .$$

G = Gewicht, h, b = Höhe und Basis, K = Kraft im Mittelpunkt angreifend, welche nöthig ist zum Umwerfen.

Hydrostatischer Druck.

$$P = F \cdot h \cdot \gamma \qquad z = \frac{T}{F \cdot s}.$$

P = hydrostatischer Druck auf eine ebene Fläche, F = Inhalt der gedrückten Fläche, h = Tiefe des Schwerpunktes der Fläche unter der Oberfläche, γ = spezifisches Gewicht der Flüssigkeit, z, s = Abstand des Angriffspunktes des Wasserdrucks resp. des Schwerpunktes der Fläche von der Grenzlinie in der Wasseroberfläche, T = Trägheitsmoment der Fläche bez. derselben Linie.

Auftrieb.

$$G = V \cdot \gamma.$$

G = Auftrieb, V = Volumen des Körpers, γ = spezifisches Gewicht der Flüssigkeit.

Gleichgewicht eines schwimmenden Gasbehälters.

$$x = z + \left(\frac{z-a}{l-z}\right) h_0.$$

$$G = \gamma \pi (R^2 (x + s(l - x + \delta)) - r^2 (z + s_1 (l - a))).$$

x = Tiefe, bis zu welcher derselbe eintaucht, z = Abstand des Randes von der innern Wasseroberfläche, a = Tiefe, bis zu welcher derselbe eintaucht, wenn das Gas Atmosphärendruck besitzt, l = Höhe des Behälters, h_0 = atmosphärische Druckhöhe, G = Gewicht des Behälters, γ = spezifisches Gewicht der Flüssigkeit, R = Radius der Grundfläche, s, s' = spezifisches Gewicht der äußeren Luft bez. des Gases bei Atmosphärendruck, δ = Wandstärke des Behälters.

Differentialbarometer (Taf. VII, Fig. 6).

$$z = \frac{x}{n^2 - 1}.$$

z = Senkung des Gefäßes, x = Abnahme des Barometerstandes, $n = \frac{D}{d}$ = Verhältnis des äußeren zum inneren Durchmesser des Barometerrohres.

Communicirende Röhren.

$$h_1 : h_2 = s_2 : s_1.$$

h_1, h_2 = Flüssigkeitshöhen, s_1, s_2 = spezifische Gewichte der Flüssigkeiten.

Hydraulische Presse.

$$p : P = q : Q.$$

p = Kraft, welche auf den kleinen Kolben wirkt, P = Kraft, mit welcher der große Kolben wirkt, q, Q = Querschnitt des kleinen und großen Kolbens.

Hebel.

$$p \cdot a = q \cdot b \qquad R = p + q \quad \text{oder} \quad \Sigma pa = o \quad R = \Sigma p.$$

p, q = Kräfte, a, b = Hebelarme, R = Druck auf den Unterstützungspunkt, Σpa = Summe der Momente, d. h. der Producte der Kräfte mit ihren Hebelarmen.

Winkelhebel.

$$p \cdot a = q \cdot b \qquad R = \sqrt{p^2 + q^2 + 2pq \cdot \cos\alpha}.$$

p, q = Kräfte, a, b = senkrechte Entfernung derselben vom Drehpunkt, R = Resultante, α = Winkel beider Arme.

Zusammengesetzter Hebel.

$$p \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \ldots = q \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \ldots$$

q, p = Kräfte, a_1, a_2, $a_3 \ldots$, b_1, b_2, $b_3 \ldots$ = Hebelarme.

Brückenwage.

$$p \cdot a = q \cdot b \, .$$

p, q = Kraft und Last, a = Hebelarm des Gewichtes p, b = kürzerer Hebelarm der Last q.

Schiefe Ebene.

$$P = G \cdot \sin \alpha \qquad N = G \cdot \cos \alpha .$$

G = Gewicht des Körpers, α = Winkel der schiefen Ebene, P, N = Kraftcomponenten parallel bez. normal zur schiefen Ebene.

Keil.

$$P = 2\, Q \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \, .$$

P = Kraft, welche nöthig ist, den Keil einzutreiben, α = Winkel des Keils, Q = (Kraft senkrecht zu den Keilflächen, mit welcher sich die Spalte zu schliessen sucht).

Schraube.

$$P = Q \cdot \frac{h}{2 \pi r} \, .$$

P = Kraft am Umfang wirkend, welche die Schraube zu drehen sucht, h = Höhe eines Gewindeganges, r = Radius, Q = zu hebende Last.

Räderwerk.

$$P : Q = r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \ldots \; : R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \ldots$$

P, Q = Kraft und Last, $r_1, r_2, r_3 \ldots, R_1, R_2, R_3 \ldots$ = Radien der Triebe und Räder.

Flaschenzug und Potenzflaschenzug.

$$P = \frac{Q}{n} \qquad P' = \frac{Q'}{2^n} \, .$$

P, Q, P', Q' = Kraft und Last für den gew. resp. Potenzflaschenzug, n = Rollenzahl.

Differentialflaschenzug.

$$P = Q \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1} \, .$$

r_1, r_2 = Radius der großen und kleinen Rolle.

Hebelwage.

$$\varDelta \delta = \frac{b \cdot \sin \alpha}{S \cdot s} \cdot \varDelta P \, .$$

$\varDelta P$ = kleines Uebergewicht, $\varDelta \delta$ = Ausschlag, S = Gewicht des Wagebalkens, s = Entfernung des Schwerpunkts vom Drehpunkt, b, α = Hebelarm und Winkel mit der Verbindungslinie von Schwerpunkt und Drehpunkt.

Roberval's Wage.

$$Pa = Qb \, .$$

P, Q = Kraft und Last, a, b = entsprechende Abschnitte der Hebel, gerechnet von den Gelenken bis zum Drehpunkt.

Bifilarwage.

$$D = P \cdot \frac{ab}{h} \cdot \sin \delta .$$

P = Gewicht des Wagebalkens, a, b = halbe Entfernung der unteren resp. oberen Enden der Fäden, h = Fadenlänge, δ = Ablenkungswinkel, D = Drehmoment.

4. Reibung.

Schiefe Ebene.

$$P = (\sin\alpha - \varphi\cos\alpha)\,G\,.$$

P = Bestreben des Körpers herabzugleiten, α = Neigungswinkel der schiefen Ebene, φ = Reibungscoefficient, G = Gewicht des Körpers.

Keil.

$$P = 2\,Q\left(\sin\frac{\alpha}{2} + \varphi\cos\frac{\alpha}{2}\right).$$

P = Kraft, welche den Keil eintreibt, Q = Widerstand, senkrecht zu dessen Flächen, α = Winkel des Keils, φ = Reibungscoefficient.

Reibung in Keilnuthen.

$$K = \frac{f}{\sin\delta}\cdot Q\,.$$

K = Kraft, welche den Körper fortschiebt, f = Reibungscoefficient, δ = halber Winkel der Keilnuth, Q = Gewicht des Körpers.

Unterstützung einer Stange durch zwei Ebenen (Taf. VII, Fig. 2).

$$W = Q\cdot\frac{\sin(\alpha_1-\varphi)}{\sin(\alpha+\alpha_1)} \qquad W_1 = Q\cdot\frac{\sin(\alpha+\varphi)}{\sin(\alpha+\alpha_1)}$$

$$\operatorname{tg}\varepsilon = \frac{n\operatorname{tg}(\alpha-\varphi) - \operatorname{tg}(\alpha_1+\varphi)}{1+n}\,.$$

W, W_1 = totale Gegendrucke (links und rechts), α, α_1 = Winkel der linken und rechten Ebene mit dem Horizont, $\operatorname{tg}\varphi$ = Reibungscoefficient, Q = Kraft, welche auf die Stange wirkt, ε = Neigungswinkel der Stange gegen den Horizont, n = Verhältnis des Abschnitts der Stange links zum Angriffspunkt von Q zu dem rechts davon.

Gleichförmige Bewegung eines Pochstempels (Taf. VII, Fig. 3).

$$K = G\cdot\frac{s}{s-y} \qquad s = \frac{h}{2\operatorname{tg}\varphi}\,.$$

K = vertikal aufwärts wirkende Kraft, G = Gewicht des Pochstempels, y = Entfernung des Angriffspunktes von K von der Mitte des Pochstempels, h = Höhenabstand der beiden Führungsstellen des Stempels, von welchen die untere auf derselben Seite wie K, die obere auf der entgegengesetzten.

Gleichförmige Verschiebung eines Keils (Taf. VII, Fig. 4).

$$\frac{K}{K_1} = \frac{\sin(\alpha+2\varphi)}{\sin(\alpha_1-2\varphi)}\cdot\frac{\cos(\omega_1-\varphi)}{\cos(\omega+\varphi)}\,.$$

K, K_1 = Kräfte (treibende und widerstehende), welche auf zwei sich berührende und andererseits aufliegende Keile wirken, α, α_1 = Winkel der Berührungsfläche der Keile mit den beiden Unterstützungsflächen, ω, ω_1 = Winkel von K, K_1 mit den Unterstützungsflächen, $\operatorname{tg}\varphi$ = Reibungscoefficient.

Zapfenreibung.

$$P = \frac{r}{a}\cdot\varphi\cdot R\,.$$

P = Kraft zur Ueberwindung der Reibung, r = Radius des Zapfens, a = Hebelarm der Kraft, φ = Reibungscoefficient, R = Zapfendruck.

Fußzapfenreibung.

$$P' = \frac{2}{3}\frac{r\varphi R}{a} \qquad P'' = \frac{2}{3}\frac{r\varphi R}{a\cdot \sin\alpha} \qquad P''' = \frac{2}{3}\left(1 + 0{,}3\left(\frac{r}{r_1}\right)^2\right)\frac{\varphi R r_1}{a}.$$

P', P'', P''' = Kraft für Zapfen mit ebener resp. zugespitzter und abgerundeter Basis, r, r_1 = Querschnitts- bez. Wölbungsradius, φ = Reibungscoefficient.

Wälzende Reibung.

$$P = \frac{f}{a}\cdot R.$$

P = Kraft zur Ueberwindung der Reibung, Q = Druck auf die Walze, f, a = Hebelarm von Q bez. P in Bezug auf den Stützpunkt (auf das Hindernis).

Widerstand von Walzen.

$$P = (f + f_1)\frac{Q}{2r}.$$

P = Widerstand, f, f_1 = Hebelarm von Q in Bezug auf die Hindernisse am Boden und der Tragpfoste, r = Radius der beiden Walzen, Q = Last.

Widerstand eines Wagens.

$$P = \left(\frac{f + \varphi r_1}{r}\right)Q.$$

P, Q = Widerstand und Belastung, f = Hebelarm von Q in Bezug auf das Hindernis, r, r_1 = Halbmesser der Räder und der Achsen, φ = Reibungscoefficient für die Achsen.

Frictionsrollen.

$$P = \frac{f r D \varrho}{a R}.$$

P = Kraft zur Ueberwindung der Reibung, a = Hebelarm derselben, D, f = Zapfendruck und Reibungscoefficient, ϱ = Radius des Zapfens, r = Radius der Zapfen der Rollen, R = Radius der Rollen.

Hirn's Reibungswage.

$$\sin\varphi = \frac{p}{G}\cdot\frac{l}{\varrho}.$$

$\operatorname{tg}\varphi$ = Reibungscoefficient, G = Totalgewicht des belasteten Wagebalkens, p, l = Uebergewicht und Hebelarm desselben, ϱ = Radius des Zapfens.

Frictionsräder.

$$D = \frac{Wr}{f\cdot R} \qquad D' = \sin\delta\cdot\frac{Wr}{f\cdot R}.$$

D = Druck der beiden Frictionsräder aufeinander, W = Widerstand, auf den Trieb des einen wirkend, r, R = Radius dieses Triebs und des Rades, f = Reibungscoefficient, D' = Druck, wenn die Räder mit Keilnuthen versehen sind, 2δ = Winkel der Keilnuthen.

Flachgängige Schraube.

$$K = \frac{W}{l}\cdot\varrho\cdot\operatorname{tg}(\alpha \pm \varphi).$$

K = Kraft, welche die Schraube dreht, l = Hebelarm dieser Kraft, W = Last, in der Richtung der Achse ziehend, ϱ = Radius der Schraubenspindel, α = Neigung

der Schraubengänge, $\operatorname{tg}\varphi$ = Reibungscoefficient, $\pm$ = Vorzeichen, je nachdem die fortschreitende Richtung W entgegengesetzt oder gleichgerichtet ist.

Scharfgängige Schraube.

$$P = Q \cdot \frac{r}{R} \cdot \frac{\operatorname{tg}\beta \cdot \cos\delta + f}{\cos\delta - f \cdot \operatorname{tg}\beta}.$$

P, R = Kraft, welche die Schraube dreht, und Hebelarm derselben, r = Radius der Schraubenspindel, Q = Last, in der Richtung der Achse ziehend, β = Neigung der Gewindegänge, 2δ = Zuschärfungswinkel des Gewindes, f = Reibungscoefficient.

Schraubenpresse.

$$K = \frac{W}{l} \cdot \varrho \cdot \operatorname{tg}(\alpha \pm \varphi) \pm \tfrac{1}{2} f_1 W \varrho_1 .$$

K = Kraft, welche die Schraube dreht, l = Hebelarm derselben, ϱ = Radius der Schraubenspindel, α = Neigung der Gewindegänge, ϱ_1 = Halbmesser des Stützzapfens, f_1 = Zapfenreibungscoefficient, $\pm$ je nachdem die Bewegung vor- oder rückgängig, W = Widerstand in der Richtung der Achse der Schraube.

Schraubenkeilpresse (Taf. VII, Fig. 5).

$$K = \frac{Q}{l} \cdot \varrho \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)(\operatorname{cotg}(\omega - \varphi) + \operatorname{tg}\varphi) .$$

K = Kraft, welche die Schraubenspindel umdreht, l = Hebelarm der Kraft K, Q = Last, welche auf den Pressklotz wirkt, ϱ = Radius der Schraubenspindel, α = Neigung der Gewindegänge, $\operatorname{tg}\varphi_1$, $\operatorname{tg}\varphi$ = Reibungscoefficient der Schraube bez. der Keile, 2ω = Winkel des Pressklotzes.

Differentialschraube.

$$K = \frac{W}{l} \cdot \varrho \left(\frac{\varrho_1}{\varrho} \operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi) - \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) \right) .$$

K = Kraft, welche die äußere Schraube niederdreht, l = Hebelarm derselben, W = Last, welche auf der Spindel ruht, ϱ, ϱ_1 = Radius der äußeren und inneren Schraube, α, α_1 = Neigung des flachen äußeren und des steileren inneren Gewindes.

Reibung an der Mantelfläche der Schraube.

$$K = \frac{W\varrho \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{l - 2f\varrho \frac{a}{h}} \qquad K' = \frac{W\varrho \operatorname{tg}(a + \psi)}{l - 2\frac{f}{\sin\beta}\varrho \frac{a}{h}} .$$

K = Kraft, welche die (flachgängige) Schraube dreht, l = Hebelarm derselben, W = Last, welche in der Richtung der Achse wirkt, α = Neigung der Gewindegänge, $f = \operatorname{tg}\varphi$ = Reibungscoefficient, a = Entfernung des Schraubenkopfes von der Mitte der Mutter, h = Höhe der Schraubenmutter, K' = Kraft, welche eine scharfgängige Schraube dreht, 2β = Zuschärfungswinkel der Gewindegänge, $\operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}\varphi = \cos\beta$.

Seil um ein festes Prisma gelegt.

$$P = \left(1 + 2\varphi \sin\frac{\alpha}{2}\right)^n Q .$$

P, Q = Kraft und Last, α, n = Größe und Anzahl der Ablenkungswinkel, φ = Reibungscoefficient.

Seil um einen festen Cylinder gelegt.

$$P = e^{\varphi\beta} Q .$$

β = der mit Seil bedeckte Bogen.

Widerstandscoefficient der Ketten- und Seilrollen.

$$K = \mu \cdot W \qquad \mu = 1 + f_1 \cdot \frac{\delta}{a} + f\frac{d}{a} \qquad \mu' = 1 + 13\frac{\varepsilon^2}{a} + f\frac{d}{a}.$$

μ = Widerstandscoefficient für Ketten, f_1 = Zapfenreibungscoefficient der Kettenbolzen, δ = Dicke der Gelenkbolzen der Kette, a = Rollenhalbmesser, f = Reibungscoefficient des Rollzapfens, d = Dicke des Rollzapfens, μ' = Widerstandscoefficient für Seilreibung, ε = Seildicke, K, W = Kraft und Last.

Flaschenzug.

$$W = K\left(\frac{\mu^{2n+1} - 1}{\mu^{2n+1} - \mu^{2n}}\right) \qquad W_1 = K\left(\frac{\mu^{2n} - 1}{\mu^{2n+1} - \mu^{2n}}\right).$$

W = Kraft, welche der Aufhängepunkt auszuhalten hat, K = Kraft, welche zieht, W_1 = Last, welche gehoben wird, n = Anzahl der Rollen, μ = Widerstandscoefficient.

Potenzflaschenzug.

$$W_{n-1} = K\mu(1+\mu)^{n-1} \qquad K_n = K(1+\mu)^n.$$

W_{n-1} = zu hebende Last, K = Kraft, am freien Seilende wirkend, K_n = Zug am unteren Aufhängepunkt, μ = Widerstandscoefficient, n = Anzahl der Rollen.

Differentialflaschenzug.

$$\frac{K}{W} = \frac{\mu^2 - \frac{r}{R}}{1+\mu}.$$

K, W = wirkende Kraft und Last, R, r = Radien der großen und kleinen Rolle, μ = Widerstandscoefficient.

5. Festigkeit.

Tragkraft horizontaler Balken.

$$P_1 = t \cdot \frac{W}{l} \qquad P_2 = 2t \cdot \frac{W}{l} \qquad P_3 = \frac{16}{3} t \cdot \frac{W}{l}$$

$$P_4 = 8t\frac{W}{l} \qquad P_5 = 2t \cdot \frac{W}{l} \qquad P_6 = 3t \cdot \frac{W}{l}.$$

$W = \frac{\Theta}{e}$ = Widerstandsmoment, Θ = Trägheitsmoment des Querschnitts, e = Abstand des Punktes, an dem die stärkste Spannung herrscht, von der neutralen Linie, t = Festigkeitscoefficient, l = Länge des Balkens, P_1 = Tragkraft für einen am einen Ende befestigten, am andern belasteten Balken, P_2 = Tragkraft für einen einerseits befestigten, gleichmäßig belasteten Balken, P_3 = Tragkraft für einen einerseits befestigten, andererseits unterstützten, in der Mitte belasteten Balken, P_4 = Tragkraft eines einerseits befestigten, andererseits unterstützten, gleichmäßig belasteten Balkens, P_5 = Tragkraft eines Balkens von der Länge $2l$, der an beiden Enden befestigt, in der Mitte durch $2P_5$ befestigt ist, P_6 = ebenso, aber die Last gleichmäßig vertheilt angenommen.

Tragkraft von Säulen.

$$P_1 = \frac{F\,T}{1{,}45 + 0{,}00337\left(\frac{l}{d}\right)^2} \qquad P_2 = \left(\frac{\pi}{2l}\right)^2 WE \qquad P_3 = \pi^2 \frac{WE}{l^2}$$

$$P_4 = 4\pi^2 \frac{WE}{l^2} \qquad P_5 = 2\pi^2 \frac{WE}{l^2}\,.$$

P_1 = Tragkraft einer langen Säule, l, d = Länge und Durchmesser derselben, F = Querschnitt der Säule, T = Tragmodul (d. h. diejenige Kraft, welche den Körper bis zur Elasticitätsgrenze ausdehnt resp. zusammendrückt), P_2 = Tragkraft einer einerseits befestigten, andererseits freien Säule, W = Trägheitsmoment des Querschnitts, in Bez. auf diejenige neutrale Linie, für welche es am kleinsten ist, E = Elasticitätsmodul, P_3 = Tragkraft einer an beiden Enden drehbaren Säule, P_4 = Tragkraft einer an beiden Enden befestigten Säule, P_5 = Tragkraft einer einerseits befestigten, andererseits drehbaren Säule.

Drehungsfestigkeit einer Welle.

$$P_1 = 0{,}001714 \frac{\alpha^0 \cdot d^4}{a \cdot l} \cdot G \qquad P_2 = 0{,}0029 \frac{\alpha^0\, b^4}{a\, l}\, G\,.$$

P_1, P_2 = drehende Kraft für eine cylindrische resp. quadratisch prismatische Welle, α = Torsionswinkel, d, l = Durchmesser und Länge der Welle, G = Drehmodul (ca = $\frac{2}{5}$ × Elasticitätsmodul), b = Seite des Quadrats, a = Hebelarm der drehenden Kraft.

Seitlich belastete Säule.

$$P = \frac{F \cdot T}{1 + \frac{F \cdot c \cdot e}{W}}\,.$$

P = parallel zur Achse angreifende Kraft, F = Querschnitt der Säule, W = Trägheitsmoment des Querschnitts, e = Abstand der vom Mittelpunkt am weitesten entfernten, also stärkst gespannten Faser, c = Abstand des Angriffspunktes von P von der Achse, T = Tragmodul.

Schief belasteter Balken.

$$P = \frac{F \cdot T}{\cos\delta + \frac{Fl \cdot e}{W} \sin\delta}\,.$$

P = am Ende angreifende Kraft, δ = Winkel derselben mit der Achse, F = Fläche des Querschnitts, W, T = Trägheitsmoment und Tragmodul, l = Länge des Balkens, e = Abstand der stärkst gespannten Faser von der Mitte.

Tordirte und gezogene Welle.

$$F_1 = \frac{Q}{T} + 4\pi\left(\frac{Pa}{F\,T_1}\right)^2 \qquad F_2 = \frac{Q}{T} + 18\left(\frac{Pa}{F \cdot T}\right)^2.$$

F_1, F_2 = Querschnitt der cylindrischen resp. quadratischen Welle, Q = Zugkraft in der Richtung der Achse, P, a = Torsionskraft und Hebelarm derselben, T, T_1 = Tragmodul der Zug- und Torsionsfestigkeit.

Tordirte und gebogene Welle.

$$F_1 = 4\pi\left(\frac{Pa}{F \cdot T_1}\right)^2 + \frac{8\,Ql}{Td} \qquad F_2 = 18\left(\frac{Pa}{F\,T_1}\right)^2 + \frac{6\,Ql}{Tb}\,.$$

F_1, F_2 = Querschnitt der cylindrischen resp. quadratischen Welle, Q = Biegungskraft, am Ende angreifend, l = Länge der Welle, P, a = Torsionskraft und deren

Hebelarm, T, T_1 = Tragmodul der Zug- und Torsionselasticität, d = Kreisdurchmesser, b = Seite des Quadrats.

Ringsum festgeklemmte Platte.

$$\frac{\delta}{r} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{p}{S}} \qquad \frac{h}{\delta} = \frac{1}{6} \cdot \frac{p r^4}{E \cdot \delta^4}.$$

Lose aufliegende Platte.

$$\frac{\delta}{r} = \sqrt{\frac{p}{S}} \qquad \frac{h}{\delta} = \frac{5}{6} \cdot \frac{p r^4}{E \delta^4}.$$

δ = Dicke der Platte (mm), p = Flächendruck (kg pro qm), r = Radius der kreisförmigen Platte, S = zulässige Materialspannung (für: Messingguss = 2,5 kg, Schmiedeeisen = 7 kg, Stahl = 12,5 kg), E = Elasticitätsmodul, h = größte Durchbiegung.

Kugelförmiges Gefäss.

$$\delta = r\left(\sqrt{\frac{p}{S} + 1} - 1\right).$$

Cylindrisches Gefäß.

$$\delta = \frac{pr}{S} + a.$$

δ, r = Dicke und Radius des Gefäßes, p = der im Innern herrschende Druck, S = zulässige Materialspannung, a = 3—6 mm, je nach dem Material.

Starkwandige Gefäße.

$$\delta_1 = r\left(\sqrt{\frac{S+p}{S-p}} - 1\right) \qquad \delta_2 = r\left(\sqrt[3]{\frac{2(S+p)}{2S-p}} - 1\right).$$

δ_1, δ_2 = Dicke für ein cylindrisches bez. kugelförmiges Gefäß. Die übrigen Buchstaben haben die frühere Bedeutung.

Festigkeit eines runden dreilitzigen Hanfseils.

$$P = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot p.$$

p = zulässige Spannung pro 1 qmm (ca 1 kg), d = äußerer Seildurchmesser, P = zulässige Belastung.

Festigkeit eines Drahtseils.

$$P = \frac{\pi}{4} \delta^2 i p.$$

δ = Drahtstärke in mm, i = Anzahl der einzelnen Drähte, p = zulässige Spannung pro qmm (ca 2 kg), P = zulässige Belastung des Seils.

Festigkeit von Ketten.

$$P = 2 \frac{\pi}{4} d^2 p \qquad P' = (b - d_1) \delta i p.$$

P = zulässige Belastung einer Schakenkette (Gliederkette, gewöhnliche Kette), p = zulässige Belastung pro 1 qmm (ca 6,4 kg), d = Ketteneisenstärke, P' = zulässige Belastung einer Gelenkkette (Galle'sche Laschenkette), b = Breite der Platten, d_1 = Durchmesser der Gliedbolzen an den Enden, δ, i = Dicke und Anzahl der Platten.

6. Beschleunigung.

Freier Fall.

$$v = gt \qquad s = \frac{gt^2}{2} \qquad K = \frac{mv^2}{2} \qquad p = mg\,.$$

v = Endgeschwindigkeit nach t Sekunden, s = zurückgelegter Weg, t = Fallzeit, g = Beschleunigung durch die Schwere = 9,81 m, p, m = Gewicht und Masse des Körpers, K = kinetische Energie.

Horizontaler Wurf.

$$y^2 = \frac{2c^2}{g} \cdot x\,.$$

c = Anfangsgeschwindigkeit, x, y = vertikale und horizontale Wegcomponente.

Schiefer Wurf.

$$Y^2 = \frac{2c^2 \cos\alpha^2}{g} \cdot X \qquad \xi = -\tfrac{1}{2}\frac{c^2}{g} \cdot \sin\alpha^2 \qquad \eta = \frac{c^2}{g}\sin\alpha\cos\alpha\,.$$

α = Elevationswinkel mit dem Horizont, ξ = Wurfhöhe, η = halbe Wurfweite, X, Y = Wegcomponenten, wenn ξ, η Anfangspunkt.

Beschleunigte Drehung einer Radwelle.

$$\varepsilon = \frac{Kr}{T}\,.$$

ε = Winkelbeschleunigung, K, r = wirkende Kraft und Hebelarm derselben, T = Trägheitsmoment.

Verzögerung einer Radwelle.

$$n = \frac{\mu}{M} \cdot \frac{c^2}{4fr\pi} \qquad \mu = \frac{T}{r^2}\,.$$

n = Anzahl der Touren, welche die Welle noch ausführt, nachdem sie sich selbst überlassen ist, c = Umfangsgeschwindigkeit anfänglich, M = Masse des Ganzen, f = Reibungscoefficient der Zapfenreibung, r = Zapfenradius, μ, T = reducirte Masse und Trägheitsmoment.

Fallmaschine.

$$p = \frac{Mg - mg}{M + m + \mu}\,.$$

p = beobachtete Beschleunigung, M, m = schwerere und leichtere Masse, μ = reducirte Masse der Rolle $= \frac{T}{r^2}$, T = Trägheitsmoment, r = Radius.

Schwungrad für eine Kurbelwelle.

$$Q = 0{,}661 \cdot \frac{ng}{R^2\Theta^2} \cdot Wr\,.$$

Q = Gewicht des Schwungringes, Θ = mittlere Winkelgeschwindigkeit $\left(= \frac{\Omega + \omega}{2}\right)$, Ω, ω = größte und kleinste Winkelgeschwindigkeit, R = Radius des Schwungringes, $n = \Theta : (\Omega - \omega)$, W = Widerstand (gleichmäßig wirkend), r = Hebelarm von W.

Schwungrad für periodischen Widerstand.

$$Q = K \cdot \frac{n}{2} \cdot \frac{s}{h}\left(1 - \frac{x}{s}\right) \qquad n = \frac{V + v}{2(V - v)} \qquad K = W \cdot \frac{x}{s}.$$

Q = Gewicht des Schwungrings, K = constant wirkende Kraft, V, v = größte und kleinste Peripheriegeschwindigkeit, x = Strecke des Kurbelkreises, durch welchen hindurch W wirkt, s = ganzer Kurbelkreis.

Rollende Bewegung auf schiefer Ebene.

$$p = \frac{Mg \sin\alpha}{M + \mu} \qquad \operatorname{tg}\alpha = \left(1 + \frac{M}{\mu}\right) f.$$

p = Peripheriebeschleunigung, M = Masse des rollenden Körpers, μ = reducirte Masse desselben $\left(= \frac{T}{r^2}\right)$, α = Neigungswinkel der schiefen Ebene, f = Reibungscoefficient.

Rollen auf schiefer Ebene unter Belastung.

$$p = \frac{(M + m) g \sin\alpha - f m g \frac{\varrho}{r}}{M + m + \mu}.$$

p = Peripheriebeschleunigung, r = Radius der Rolle, m, M = Masse der angehängten Last und der Rolle, α = Neigung der schiefen Ebene, ϱ = Zapfenradius.

Beschleunigte Bewegung der Schraube.

$$p = \frac{P}{M + \frac{\mu}{\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \varphi)}}.$$

p = die in der Achsenrichtung erzeugte Beschleunigung, M = Masse des ganzen Systems, μ = reducirte Masse $\left(= \frac{T}{\varrho^2}\right)$, α = Neigung der Schraubengänge, $\operatorname{tg}\varphi$ = Reibungscoefficient, P = in der Achsenrichtung wirkende Kraft.

Beschleunigte Bewegung des Pochstempels.

$$p = g\left(\frac{K}{Q}\left(1 - 2f\frac{a}{h}\right) - 1\right).$$

p = Beschleunigung, Q = Gewicht des Pochstempels, K = aufwärts wirkende Kraft, a = Abstand von K von der Achse des Stempels, h = Höhenabstand der beiden Stützpunkte, f = Reibungscoefficient.

7. Stoss.

Stoß unelastischer Körper.

$$v_0 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}.$$

v_0 = gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoß, v_1, v_2 = Geschwindigkeiten vor dem Stoß, m_1, m_2 = Massen der beiden Körper.

Stoß vollkommen elastischer Körper.

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2) v_1 + 2 m_2 v_2}{m_1 + m_2} \qquad u_2 = \frac{(m_2 - m_1) v_2 + 2 m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$$

u_1, u_2 = Geschwindigkeiten nach dem Stoß, m_1, m_2 = Massen der beiden Körper, v_1, v_2 = Geschwindigkeiten vor dem Stoß.

Stoß unvollkommen elastischer Körper.

$$u_1 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2 - m_2 (v_1 - v_2) \sqrt{k}}{m_1 + m_2} \qquad u_2 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_1 (v_1 - v_2) \sqrt{k}}{m_1 + m_2}.$$

$\sqrt{k} = \frac{8}{9}$ für Elfenbein, $= \frac{15}{16}$ für Glas, $= \frac{5}{9}$ für Stahl. Die übrigen Buchstaben haben gleiche Bedeutung wie zuvor.

Excentrischer Stoß.

$$w_1 = a_2 \frac{W_1 J_1 a_2 + W_2 J_2 a_1}{J_1 a_2^2 + J_2 a_1^2} \qquad w_2 = a_1 \frac{W_1 J_1 a_2 + W_2 J_2 a_1}{J_1 a_2^2 + J_2 a_1^2}.$$

W_1, W_2, w_1, w_2 = Winkelgeschwindigkeiten vor und nach dem Stoß, J_1, J_2 = Trägheitsmomente der beiden Körper, a_1, a_2 = Hebelarme der Stoßkraft an beiden Körpern.

Rammklotz.

$$Q H \left(\frac{Q}{Q + q} \right) + (Q + q) s = W s .$$

Q = Gewicht des Rammklotzes, H = Höhe, durch welche er herabfällt, s = Strecke, um welche der Pfahl eingetrieben wird, q = Gewicht des Pfahls, W = Widerstand des Erdreichs.

Panzerplatte.

$$\Delta = \frac{2 Q H}{\mu \cdot \pi \cdot d l}.$$

Δ = erforderliche Wandstärke, Q = Gewicht des stoßenden cylindrischen Körpers, $H = \frac{M V^2}{2 Q}$, M = Masse, V = Geschwindigkeit, μ = Abscherungsfestigkeitscoefficient, d, l = Durchmesser und Länge des stoßenden Körpers.

Ballistisches Pendel.

$$V = \left(1 + \frac{\mu}{M} \right) \sqrt{2 \frac{m}{\mu} g a (1 - \cos \alpha)} .$$

M, V = Masse und Geschwindigkeit der Kugel, α = Elongation des Pendels, μ = reducirte Masse des Pendels $\left(= \frac{T}{r_2}\right)$, a = Abstand des Schwerpunktes von der Drehachse, m = Masse des Pendels, r = Entfernung des Stoßpunktes von der Drehachse, $\mu = \frac{m a}{r^2} \cdot \frac{g \tau}{\pi^2}$, τ = Schwingungsdauer.

Riemenspannung.

$$S_2 = \frac{R}{e^{\varphi \beta} - 1} \qquad S_1 = \frac{e^{\varphi \beta} R}{e^{\varphi \beta} - 1}.$$

S_2 = Spannung des vom Treibrade ablaufenden Riemenstücks, S_1 = Spannung des auflaufenden, φ = Reibungscoefficient (0,3—0,5), $R = S_1 - S_2$ = Kraft am Umfange der Räder, β = der vom Riemen bedeckte Bogen, $\cos \frac{\beta}{2} = \pm \frac{r_1 - r_2}{e}$ für offene Riemen, $\cos \frac{\beta}{2} = - \frac{r_1 + r_2}{e}$ für gekreuzte Riemen, e = Entfernung der Achsen, r_1, r_2 = Radien der beiden Räder.

8. Centrifugalkraft.

Centrifugalkraft eines Punktes.

$$P = \frac{v^2}{r} \cdot m = \frac{v^2}{g\,r} \cdot G = \omega^2 m\,r = \frac{4\,\pi^2}{t^2} m\,r\,.$$

P = Centrifugalkraft, v = Geschwindigkeit, r = Krümmungsradius der Bahn, m, G = Masse und Gewicht des Punktes, g = Beschleunigung durch die Schwere, ω = Winkelgeschwindigkeit, t = Umlaufszeit.

Centrifugalpendel.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{r\,\omega^2}{g} = \frac{r}{h}\,.$$

α = Elongationswinkel, r = Radius der Bahn, ω = Winkelgeschwindigkeit, h = Abstand der Bahnfläche vom Aufhängepunkt.

Schwungkugelregulator mit gekreuzten Armen.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{c^2}{g\,y} \qquad \varrho = \frac{c^2}{g \cdot \sin \alpha^3} \qquad c = \frac{g}{\omega} \qquad \varepsilon = \varrho \cos \alpha - y\,.$$

y = gegebener mittlerer Abstand einer Schwungkugel von der Drehachse, ϱ = Länge der Kugelstange, ε = Abstand des Gelenkes von der Drehachse (auf der der Kugel entgegengesetzten Seite).

Zusammengesetztes Centrifugalpendel.

$$\cos \alpha = \frac{g}{\omega^2} \left(\frac{M\,L - m\,l}{M\,L^2 + m\,l^2}\right).$$

M = Masse der Kugel unterhalb des Drehpunktes, m = Masse der Kugel oberhalb des Drehpunktes, L, l = Abschnitte der Stange zwischen dem Drehpunkt und der untern resp. obern Kugel.

Drehung einer Stange um eine vertikale Achse.

$$\cos \alpha = \frac{3}{2} \frac{g}{L\,\omega^2} \qquad \cos \alpha' = \frac{3}{2} \frac{g}{\omega^2} \left(\frac{M\,L - m\,l}{M\,L^2 + m\,l^2}\right).$$

α = Elongationswinkel, wenn die Stange an einem Ende aufgehängt ist, L = Länge der Stange, α' = Elongationswinkel, wenn der Drehpunkt nicht zugleich Endpunkt, L, l, M, m = Abschnitte resp. Massen der Stange unterhalb und oberhalb des Drehpunktes.

9. Hydraulik.

Ausflussgeschwindigkeit.

$$v = \alpha \cdot \varphi \cdot \sqrt{2\,g\,h} = \mu \sqrt{2\,g\,h}\,.$$

v = Geschwindigkeit bei kleiner Oeffnung in dünner Wand. φ = Geschwindigkeitscoefficient (0,97), α = Contractionscoefficient (0,64), g = Fallbeschleunigung, h = Wasserstand über der Oeffnung.

Ausflussmenge bei rechteckiger seitlicher Oeffnung.

$$M = \mu_0 \cdot b\,(H - h) \sqrt{2\,g \frac{H + h}{2}}\,.$$

M = Ausflussmenge, μ_0 = Ausflusscoefficient (0,62), b = Breite der Oeffnung, H, h = Abstände der Ränder vom Wasserspiegel.

Ausflussmenge aus seitlichem Schlitz.

$$M = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot H \sqrt{2gH}.$$

M = Ausflussmenge, μ = Ausflusscoefficient (0,62), b = Breite des Schlitzes, H = Tiefe des Schlitzes, welcher sich obenhin bis zum Wasserspiegel erstreckt.

Ausfluss aus engem Gefäß (theoretisch).

$$v = \sqrt{\frac{2g\left(h + \frac{p}{\gamma}\right)}{1 - \left(\frac{F}{G}\right)^2}}.$$

v = Ausflussgeschwindigkeit, γ = spec. Gewicht der Flüssigkeit, p = Druck auf die Flächeneinheit des Wasserspiegels im Gefäß, h = Höhe des Wasserstandes, F = Fläche der Mündung, G = Querschnitt des Gefäßes.

Theoretische Ausflusszeit.

$$t = \frac{F}{f}\left(\sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}}\right).$$

t = Zeit, in welcher der Spiegel von H auf h sinkt, F = Querschnitt des Gefäßes, f = Mündung (an der Bodenfläche), H, h = Wasserstand vor und nach dem Ausfluss.

Ausflusszeit bei Verbindung zweier Gefäße.

$$t = \frac{F \cdot \Phi}{f(F + \Phi)} \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

t = Ausflusszeit, F, Φ = Querschnitt des gefüllten bez. des anderen Gefäßes, f = Querschnitt der Oeffnung, h = Niveaudifferenz.

Hydraulische Druckhöhe.

$$x = z - \left(\frac{w^2}{2g} - \frac{c^2}{2g}\right).$$

x = hydraulische Druckhöhe, z = hydrostatische Druckhöhe an gleicher Stelle, w, c = Geschwindigkeit an gleicher Stelle, bezw. an der Oberfläche.

Verengung.

$$\Phi = \frac{F \cdot f \sqrt{h}}{\sqrt{z(F^2 - f^2) + hf^2}}.$$

Φ = kleinster Querschnitt der verengten Stelle, bei der keine Discontinuität eintritt, z = hydrostatische Druckhöhe an Φ, F, f = Querschnitt des Gefäßes und der Ausflussöffnung, h = Höhe des Wasserspiegels.

Ausfluss durch lange Ansatzröhren.

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 + \zeta_0 + \zeta \frac{l}{d}}}.$$

h = Gefälle vom Wasserspiegel bis zur Mündung, l, d = Länge und Weite der Röhren, ζ = Widerstandscoefficient der Röhre $\left(= 0{,}01439 + \frac{0{,}016921}{\sqrt{v}}\right)$, ζ_0 = Widerstandscoefficient für die Einmündung (0,505), v = Ausflussgeschwindigkeit.

Knie- und Kropfröhren.

$$h_1 = \left(0{,}9457\,(\sin\delta)^2 + 2{,}047\,(\sin\delta)^4\right)\frac{v^2}{2g}. \qquad h_2 = \zeta_2 \cdot \frac{\beta}{180} \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

v = Strömungsgeschwindigkeit, $2\,\delta$ = Winkel des Knierohres, β = Centriwinkel des gekrümmten Rohres, ζ_2 = Coefficient des Kniewiderstandes $\left(\text{für } \frac{a}{r} = 0{,}1 \;\; \zeta_2 = 0{,}12;\right.$ $\left.\text{für } \frac{a}{r} = 1 \;\; \zeta_2 = 3{,}23\right)$, a = halbe Röhrenweite, r = Krümmungsradius der Achse.

Druckhöhenverlust durch Verengung.

$$h = \frac{(v_1 - v)^2}{2g}.$$

v_1, v = Geschwindigkeiten vor und hinter der Verengung, h = Verlust an Druckhöhe.

Zeit des Leerens.

$$t = \frac{2\,G\,h}{\mu\,F\sqrt{2gh}}.$$

G = horizontaler Querschnitt des (prismatischen) Gefäßes, h = anfängliche Druckhöhe, F = Ausflussöffnung, μ = Ausflusscoefficient, t = Zeit bis alles Wasser ausgeflossen ist.

Ausfluss durch Capillarröhren.

$$Q = \frac{\pi\,p_0\,R^4}{8\,\eta\,l} \qquad c = \frac{p_0}{8\,\eta\,l}\,R^2.$$

Q = Ausflussquantum, R, l = Radius und Länge des Rohres, p_0 = wirkender Druck, c = Ausflussgeschwindigkeit, η = Reibungscoefficient.

Ausfluss durch weitere Röhren.

$$v = \frac{p_0}{4\,\eta\,l}\,(R^2 - r^2) \qquad v' = \frac{p_0}{4\,\eta\,l}\,(R^2 - r^2) + \frac{p_0}{2\,\varepsilon\,l}\,R.$$

v, v' = Ausflussgeschwindigkeit bei benetzter resp. nicht benetzter Röhrenwand, r = Abstand von der Röhrenwand, R = Radius des Rohres, p_0 = wirkender Druck, l = Länge des Rohres, η, ε = innerer und äußerer Reibungscoefficient.

10. Capillarität.

Cohäsionsdruck.

$$k = k_0 + \frac{\gamma}{s}\left(\frac{1}{\varrho_1} + \frac{1}{\varrho_2}\right).$$

γ = Arbeit beim Verschwinden der Einheit der Oberflächenschicht, k_0 = Cohäsionsdruck für eine ebene Stelle der Oberfläche pro Einheit, s = spec. Gewicht der Flüssigkeit, ϱ_1, ϱ_2 = Krümmungsradien.

Druck in einer Seifenblase.

$$K = \frac{2\gamma}{r}\left(2 + \frac{d}{r}\right).$$

r = Radius der äußeren Fläche, d = Dicke der Blase, K = Capillardruck, γ = Cohäsionsconstante wie zuvor.

Randwinkel.

$$\cos\varphi = \frac{\alpha}{\gamma}.$$

φ = Randwinkel, α = Arbeit beim Vergrößern der Wandschicht um eine Einheit.

Tropfengewicht.

$$P = \alpha U.$$

P = Gewicht des größten Tropfens, welcher noch von der unteren Endfläche eines senkrechten Cylinders getragen wird, U = Umfang des Cylinders, α = Adhäsionsconstante, wie oben.

Randcurve.

$$z^2 = \frac{2\gamma}{s}\left(1 - \sin\chi\right) \qquad H = \sqrt{\frac{2\gamma}{s}}\sqrt{1 - \sin\varphi}$$

$$a = \sqrt{\frac{2\gamma}{s}} \qquad \gamma = s \cdot \frac{a^2}{2}.$$

z = Ordinate der Randcurve, H = höchste Ordinate (nämlich die an der Wand), a = höchste Ordinate für eine benetzende Flüssigkeit, φ = Randwinkel, χ = Winkel der Tangente der Randcurve mit der Vertikalen, s = spec. Gewicht.

Tropfengestalt.

$$H = \sqrt{\frac{2\gamma}{s}}\sqrt{1 \pm \cos\varphi}.$$

H = Höhe des Tropfens.

Steighöhe.

$$z_1 = \frac{2\alpha}{d \cdot s} \qquad z_2 = \frac{4\alpha}{d \cdot s}.$$

z_1, z_2 = Steighöhe zwischen parallelen Platten bez. in einem Capillarrohr, d = Abstand resp. Durchmesser, α = Adhäsionsconstante.

Tiefe des Meniscus.

$$p = \frac{d}{2}\,\frac{1 - \sin\varphi}{\cos\varphi} \qquad h' = \frac{4\alpha}{d \cdot s} - \frac{d}{6}$$

$$h = \frac{4\alpha}{d \cdot s} - \frac{d}{6} \cdot \frac{1 - 3\sin\varphi^2 + 4\sin\varphi^3}{\cos\varphi^3}.$$

h = Höhe der tiefsten Stelle des Meniscus über dem äußeren Flüssigkeitsniveau, h' = dieselbe für eine benetzende Flüssigkeit, d = Durchmesser der Röhre.

Capillarer Wanddruck.

$$P = \alpha b \operatorname{tg}\varphi - \frac{s}{2} h^2 b \qquad P' = -\frac{s}{2} h^2 b.$$

P = Kraft zwischen zwei eingetauchten Platten, P' = dieselbe für eine benetzende Flüssigkeit, b = Abstand der Platten, h = Steighöhe oder Depression der Flüssigkeit.

11. Elasticität.

Verlängerung durch Belastung.

$$\lambda = \frac{Ql}{F \cdot E}.$$

λ = Verlängerung des Stabes, l = Länge desselben, F = Querschnitt, Q = Belastung, E = Elasticitätsmodul.

Arbeit bei Verlängerung.

$$A = \frac{1}{2} J \cdot \frac{S^2}{E}.$$

A = Arbeit, J = körperlicher Inhalt der Stange, S = Spannung pro Einheit des Querschnittes im verlängerten Zustande.

Arbeit bei Biegung.

$$A = \frac{1}{6} \frac{Tl}{w^2} \cdot \frac{S^2}{E} \qquad \frac{S}{w} T = Ql.$$

T = Trägheitsmoment des Querschnittes, l = Länge des Stabes, w = Abstand der entferntesten Faser von den neutralen, S = Spannung (pro Einheit des Querschnitts) für diese Faser, Q = wirkende Kraft.

Biegung durch Belastung.

$$\lambda = \frac{Ql^3}{3 E \cdot T}.$$

Q = Belastung, l = Länge des Stabes, T = Trägheitsmoment, E = Elasticitätsmodul, λ = Senkung des Endpunktes.

Torsion eines Cylinders.

$$D = \frac{E}{\mu + 1} \cdot \frac{R^4 \pi \delta}{4 e}.$$

D = Drehungsmoment der äußeren Kräfte, R = Radius des (kreisförmigen) Querschnitts, l = Länge des Cylinders, μ = Verhältnis der Quercontraction zur Längenausdehnung, δ = Torsionswinkel.

Arbeit bei Torsion.

$$A = \frac{1}{2} J \frac{S^2}{E}.$$

J = körperlicher Inhalt des Cylinders, S = größte Spannung.

Torsion.

$$\varphi = \frac{2 Ml}{ET}.$$

φ = Torsionswinkel, M = Drehmoment der äußeren Kraft, l = Länge des Stabes.

An einem Punkte belasteter Balken.

$$y' = \frac{P}{WE}\left(\frac{l x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right) \qquad L = \frac{P^2}{WE} \cdot \frac{l^3}{6}$$

$$y'' = \frac{P}{WE} \cdot \frac{l_2 x_1}{6 l} (2 l_1 l_2 + l_1^2 - x_1^2)$$

$$y_1''' = \frac{P}{WE} \frac{x^2}{6} \left(\frac{a^2 (3 l - a)(3 l - x)}{2 l^3} - 3 a + x\right)$$

$$y_2''' = \frac{P}{WE} \frac{a^2}{6} \cdot \left(\frac{x_1^2 (3 l - a)(3 l - x_1)}{3 l^3} - 3 x_1 + a\right).$$

y' = Ordinate, d. h. Senkung eines Punktes für einen am einen Ende befestigten, am anderen belasteten Balken, x = Abscisse, d. h. horizontale Entfernung vom Befestigungspunkte, P = Belastung, W = Trägheitsmoment des Querschnittes, L = Arbeit, h = Senkung des äußersten Endes, l = Länge des Balkens, y'' = Ordinate, falls der Balken an zwei Stellen unterstützt ist, l_1, l_2 = Abschnitte links und rechts vom Angriffspunkt von P, x_1 = Abscisse vom linken Angriffspunkt gerechnet, y_1''', y_2''' = Ordinaten, falls der Balken links befestigt, rechts unterstützt ist, und zwar für Punkte links resp. rechts vom Angriffspunkt von P, a = Entfernung des Angriffspunktes von P vom Befestigungspunkt.

An zwei Stellen belasteter Balken.

$$y_{\mathrm{AA_1}} = \varphi x + \frac{P}{WE}\left(\frac{l x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right) + \frac{P_1}{WE}\left(\frac{l_1 x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

$$y_{\mathrm{A_1B}} = \varphi x + \frac{P}{WE}\left(\frac{l x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right) + \frac{P_1}{WE}\left(\frac{l_1^{\,3}}{3} + \frac{l_1^{\,2}}{2}(x - l_1)\right)$$

$$y_{\mathrm{CA}} = \frac{P}{WE}\left(x^2\left(\frac{a}{2} - \frac{x}{6}\right) + a x\left(\frac{l}{2} - a\right)\right)$$

$$y_{\mathrm{CD}} = \frac{P}{WE}\left(\frac{a x^2}{2} - a x\left(\frac{l}{2} - a\right)\right).$$

$y_{\mathrm{AA_1}}$ = Senkung für einen nur am einen Ende befestigten Balken, und zwar für einen Punkt zwischen Befestigungsstelle und Angriffspunkt der Last P_1, $y_{\mathrm{A_1B}}$ = Senkung für einen Punkt jenseits von P_1, P, P_1 = Gewichte am Ende, resp. in der Mitte angreifend, l = Länge des Stabes, l_1 = Entfernung zwischen Angriffspunkt von P_1 und Befestigungspunkt, x = Abscisse zu y, W = Trägheitsmoment, y_{CA} = Senkung, wenn der Balken an beiden Enden unterstützt ist, und zwar für einen Punkt zwischen dem Unterstützungspunkt und dem Angriffspunkt der nächsten der beiden gleichen Lasten (P), y_{CD} = Senkung für einen Punkt zwischen den Angriffspunkten der beiden Lasten, a = Abstand der letzteren.

Gleichmäßig belasteter Balken.

$$y_1 = \frac{Q}{WE}\left(\frac{l x^2}{4} - \frac{x^3}{6} + \frac{x^4}{24 l}\right) \qquad y_2 = \frac{Q}{WE}\,\frac{x}{12}\left(x^2 - \frac{x^3}{2 l} - \frac{l^2}{2}\right)$$

$$y_3 = \frac{Q}{WE}\left(\frac{x^2(3 l^2 - 5 l x + 2 x^2)}{48 l}\right) \qquad y_4 = \frac{Q}{WE}\,\frac{x^2 (l - x)^2}{24 l}.$$

y_1 = Senkung für einen nur an einem Ende befestigten Balken, y_2 = Senkung für einen an beiden Enden unterstützten Balken, y_3 = Senkung für einen am einen Ende befestigten, am andern unterstützten Balken, y_4 = Senkung für einen an beiden Enden befestigten Balken, x = die zu y gehörende Abscisse bei y_3, gerechnet vom Befestigungspunkte, l = Länge, Q = Gesammtgewicht der Belastung.

Dreieckfeder.

$$h = \frac{l^2}{s} \cdot \frac{S}{E} \qquad b = \frac{6 k l}{S h^2}.$$

h = Dicke der Feder, b = Breite der Basis, l = Länge, S = größte zulässige Spannung pro qmm, s = Durchbiegung am Ende, k = am Ende angreifende Kraft.

12. Gravitation.

Gravitationsgesetz.

$$p = \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

p = Gravitationskraft, m_1, m_2 = Massen der beiden Körper, r = Entfernung.

Anziehung einer gleichförmig belegten Kugelfläche.

$$k_i = 0 \qquad k_a = \frac{4 \pi \varrho a^2}{r^2} \qquad k_0 = 2 \pi \varrho^2 \sigma .$$

k_i, k_a = Kraft, welche auf einen Punkt von der Masse 1 innerhalb bez. außerhalb wirkt, ϱ = Dichte der Belegung, a = Kugelradius, r = Entfernung des Punktes vom Centrum, k_0 = Kraft, welche auf ein Element der Oberfläche wirkt, σ = Größe des Elements.

Anziehung einer ungleichförmig belegten Kugelfläche.

$$\varrho = \frac{l}{S^3} \qquad k_1 = \frac{l\, 4 \pi a}{(\pm f^2 \mp a^2)\, P^2} \qquad k_2 = \frac{l \frac{a}{f} 4 \pi a}{(\pm a^2 \mp f^2)\, P^2} \qquad \begin{matrix} + & - & \text{wenn } f > a . \\ - & + & \text{wenn } f < a . \end{matrix}$$

k_1 = Kraft, welche ausgeübt wird von einer Kugelfläche, deren Dichtigkeit dem Cubus des Abstandes von einem gegebenen Punkte proportional ist, und zwar auf einen Punkt (P), der von dem gegebenen Punkt durch die Kugelfläche getrennt ist, k_2 = Anziehung der Kugel auf einen Punkt, der auf derselben Seite der Kugel liegt, ϱ = Dichtigkeit in einem Punkte (E) der Kugel, l = Constante, S = Entfernung von E von dem gegebenen Punkte (S), a = Kugelradius, f = Entfernung von S vom Centrum, P = Entfernung von S und P.

Anziehung einer gleichförmig belegten Kreisfläche.

$$K = 2 \pi \varrho \left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + a^2}}\right) \qquad K_\infty = 2 \pi \varrho .$$

K = Kraft, welche auf einen Punkt der Achse wirkt, K_∞ = Anziehung einer unendlich großen Platte, ϱ = Dichtigkeit der Belegung, a = Radius der Platte, h = Abstand des angezogenen Punktes.

Anziehung eines Cylinders.

$$K = 2 \pi \varrho \left(l - \sqrt{(x + l)^2 + a^2} + \sqrt{x^2 + a^2}\right).$$

$$K_\infty = 2 \pi \varrho \left(\sqrt{x^2 + a^2} - x\right) \qquad K'_\infty = 2 \pi \varrho a.$$

K = Attraction des gleichförmig mit Masse gefüllten Cylinders auf einen Punkt seiner Achse, l = Länge des Cylinders, a = Radius des Cylinders, x = Abstand des angezogenen Punktes von der nächsten Grundfläche, K_∞, K'_∞ = Attraction, wenn $l = \infty$ bez. wenn $l = \infty$ und $x = 0$.

Attraction eines geraden Kegels.

$$K = 2 \pi \varrho\, l\, (1 - \cos \alpha).$$

K = Attraction auf einen Punkt am Scheitel, l = Länge des Kegels, ϱ = Dichtigkeit, 2α = Winkel am Scheitel.

Attraction eines Systems concentrischer Kugelschalen.

$$G = \frac{4}{3} \pi \sigma R \qquad G_1 = G\left(1 + \frac{2h}{R}\right) - 4 \pi \tau h .$$

G = Attraction auf einen Punkt der Oberfläche, R = Radius der Kugel, σ = mittlere Dichtigkeit, τ = Dichte der oberen Schicht, h = Tiefe des angezogenen Punktes unter der Oberfläche (klein gegen R), G_1 = Attraction in der Tiefe h.

Attraction eines gleichförmig belegten Kreisbogens.

$$K = \frac{2 \varrho \sin \alpha}{r} .$$

K = Attraction im Kreismittelpunkt, 2α = Centriwinkel, r = Radius, ϱ = Dichte.

Anziehung einer geraden Linie.

$$K = \frac{2\varrho}{r} \sin \tfrac{1}{2} \alpha .$$

K = Attraction, ϱ = Dichtigkeit, r = Abstand des Punktes von der Linie, α = Winkel, unter welchem die Linie von dem Punkte aus betrachtet erscheint.

Anziehung einer Hohlkugel.

$$K = -\frac{M}{r^2}, \qquad M' = 0 .$$

$$M'' = \frac{4 \pi \sigma}{3} (r^3 - a^3) \qquad M''' = \frac{4 \pi \sigma}{3} (a'^3 - a^3) .$$

K = Attraction, r = Abstand des Punktes vom Centrum, σ = Dichtigkeit, a, a' = innerer und äußerer Radius der Hohlkugel, M' = Werth von M zwischen $r = 0$ und $r = a$, M'' = derselbe zwischen $r = a$ und $r = a'$, M''' = derselbe zwischen $r = a'$ und $r = \infty$.

Anziehung einer sehr großen ebenen Platte.

$$X = C - 4 \pi \varrho x .$$

X = Attraction, ϱ = Dichtigkeit, x = Abstand des Punktes von der Mitte, $C = 0$ für $x = 0$; auf der positiven Seite der Schicht und darüber $= - 2 \pi \varrho t$; auf der negativen Seite und darüber $= + 2 \pi \varrho t$, t = Dicke der Schicht.

Attraction eines abgeplatteten Sphäroids.

$$X = 4 \pi \varrho \xi \left(\frac{1}{e^2} - \frac{\sqrt{1 - e^2}}{e^3} \arcsin e\right) .$$

$$Y = 2 \pi \varrho \eta \left(\frac{\sqrt{1 - e^2}}{e^3} \arcsin e - \frac{1 - e^2}{e^2}\right) .$$

X, Y = Kraftcomponenten parallel und senkrecht zur Achse, ϱ = Volumdichtigkeit, ξ, η = Coordinaten des Punktes, $e = \sqrt{\frac{b^2 - a^2}{b^2}}$, a, b = Achsen des Ellipsoid (a = Hauptachse).

13. Elektrostatik.

Ladung eines kugelförmigen Conductors.

$$\sigma = \frac{m}{4 r^2 \pi} \qquad K = -\frac{m}{d^2} \qquad K = \frac{V a^2}{8 \pi r^2}$$

$$V_a = \frac{m}{d} \qquad V_i = 4 r \pi \sigma \qquad C = r\,.$$

σ = Flächendichte, m = gesammte Elektricitätsmenge, r = Radius der Kugel, K = Anziehung auf einen äußeren Punkt, V_a, V_i = Potential außen, resp. innen, C = Capacität (= m für $V_i = 1$).

Ladung eines Ellipsoids.

$$\sigma = \frac{m}{4 \pi a b c} \left(\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} + \frac{z^2}{c^4}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

σ = Dichte in einem bestimmten Punkte, x, y, z = Coordinaten desselben, a, b, c = Halbachsen des Ellipsoids.

Ladung einer elliptischen Scheibe.

$$\sigma = \frac{m}{4 \pi a b} \left(1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

σ, m = Dichte resp. Gesammtmenge, a, b = Halbachsen, x, y = Coordinaten des betreffenden Punktes.

Ladung einer Kreisscheibe.

$$\sigma = \frac{m}{4 \pi \sqrt{a^2 - r^2}} \qquad V_i = \frac{m \pi}{2 r} \qquad C = \frac{2 r}{\pi}\,.$$

a = Radius der Scheibe, r = Abstand des Punktes vom Mittelpunkt, V_i = Potential auf der Scheibe, C = Capacität.

Ladung eines Drahtes.

$$\sigma = \frac{m}{4 \pi r l}\,.$$

r, l = Radius und Länge des Drahtes.

Influenz einer kleinen nichtleitenden Kugel auf eine isolirte leitende.

$$\sigma = -\frac{q}{4 \pi z d^2} \left(\frac{1 - z^2}{(1 - 2 z (\cos \vartheta + z^2)^{\frac{3}{2}}} - 1\right) \qquad z = \frac{a}{d}\,.$$

q = Elektricitätsmenge auf der influenzirenden Kugel, a = Radius der influenzirten, d = Abstand der Mittelpunkte beider, ϑ = Winkel zwischen den, den betreffenden Punkt der influenzirten Kugel mit den beiden Centren verbindenden Linien.

Influenz einer kleinen nichtleitenden Kugel auf eine isolirte Scheibe.

$$\sigma = -\frac{q}{4 \pi} \frac{2 D}{(D^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}}\,.$$

σ = Dichte auf der Scheibe, q = Elektricitätsmenge der influenzirenden Kugel. D = Loth vom Mittelpunkte der Kugel auf die Ebene, l = Abstand des Punktes vom Fußpunkt von D.

Influenz einer isolirten leitenden Scheibe auf eine isolirte leitende Kugel.

$$\sigma = \frac{q}{4\pi (z D)^2} \frac{1}{z} \left(\frac{1 - z^2}{1 - 2z(\cos\vartheta + \vartheta^2)^{\frac{3}{2}}} - 1 \right) \qquad z = \frac{r}{2D} .$$

σ = Dichtigkeit auf der Kugel, D = Abstand von Kugel und Scheibe, q = Elektricitätsmenge auf der Kugel, r = Radius der Kugel, ϑ = Winkel der die Mittelpunkte mit dem gegebenen Punkt verbindenden Linien.

Influenz einer isolirten leitenden Kugel auf eine gleiche entgegengesetzt elektrische.

$$\sigma = \frac{q}{4\pi d^2} \cdot \frac{1}{z} \left(\frac{1 - z^2}{1 - 2z(\cos\vartheta + \vartheta^2)^{\frac{3}{2}}} - 1 \right) \qquad z = \frac{r}{d} .$$

σ = Dichte auf der influenzirten Kugel, q = Ladung beider Kugeln, d = Abstand beider, r = Radius der beiden Kugeln, ϑ = Winkel zwischen den Verbindungslinien des Punktes mit den Centren.

Influenz eines gleichförmig belegten nichtleitenden Cylinders auf eine isolirte leitende Kugel.

$$\sigma = -\frac{e}{4\pi\gamma} z \left(\left(\frac{1}{\sqrt{1 - 2\zeta\cos\vartheta + \zeta^2}} - 1 \right) + \log\text{nat} \frac{z}{1 - \zeta\cos\vartheta + \sqrt{1 - 2\zeta\cos\vartheta + \vartheta^2}} \right) \qquad \zeta = \frac{a}{\gamma} .$$

a = Radius der Kugel, γ = Abstand des nächsten Endes des Cylinders von der in der Richtung der Achse liegenden Kugel, e = Elektricitätsmenge auf der Längeneinheit, ϑ = Winkelabstand des Punktes von der durch das Kugelcentrum gehenden Achse.

Influenz eines Punktes auf eine abgeleitete Kugel.

$$\sigma = -\frac{e}{4\pi} \cdot \frac{d^2 - a^2}{a} \cdot \frac{1}{r_1^3} .$$

e = Elektricitätsmenge des influenzirten Punktes, σ = Dichte auf einem Punkte der Kugel, r_1 = Abstand dieses Punktes vom influenzirenden, a = Radius des Kreises, d = Abstand des influenzirenden Punktes vom Centrum.

Abstoßung eines Punktes durch eine elektrische Kugel.

$$F = \frac{e_1}{d^2} \left(E - e_1 \frac{a^3 (2d^2 - a^2)}{d(d^2 - a^2)^2} \right) \qquad E = V_a - e_1 \frac{a}{d} .$$

F = Abstoßung, V = Potential in der Kugel, e_1, d, a = dieselben Größen wie zuvor.

Influenz zweier Kugeln aufeinander.

$$\sigma_a = A + b^2 B \left(\frac{1}{a c} - \frac{c^2 - a^2}{a (c^2 - 2ca\cos\vartheta + a^2)^{\frac{3}{2}}} \right)$$

$$\sigma_b = B - \frac{3a^2 A}{c^2} \left(\cos\vartheta + \frac{3\cos^2\vartheta - 1}{2} \frac{5b}{3c} \right) .$$

σ_a, σ_b = Dichtigkeiten auf den beiden Kugeln für Punkte, die dem Winkel ϑ entsprechen, ϑ = Winkelentfernung des Punktes von den einander gegenüberliegenden

Punkten der Kugel, A, B = mittlere Dichtigkeit auf den beiden Kugeln, a, b = Radien derselben, c = Centraldistanz.

Condensator aus großen parallelen Platten.

$$\sigma_1 = \frac{V_1 - V_2}{4\pi e} \qquad \sigma_2 = \frac{V_2 - V_1}{4\pi e}$$

$$K = \frac{S}{8\pi} \frac{(V_2 - V_1)^2}{e^2} \qquad C = \frac{S}{4\pi e}.$$

σ_1, σ_2 = Dichtigkeiten, V_1, V_2 = Potentiale, e = Abstand der Platten, K = Druck, welcher die Platten einander zu nähern sucht, S = Flächenstück, C = Capacität.

Condensator aus concentrischen Kugeln.

$$\sigma_1 = \frac{r_2}{4\pi r_1} \frac{V_1 - V_2}{r_2 - r_1} \qquad \sigma_2 = \frac{r_1}{4\pi r_2} \frac{V_1 - V_2}{r_2 - r_1}$$

$$C = \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} = \frac{r_1(r_1 + e)}{e} \qquad C_, = \frac{r_1^2}{e} \qquad C_{,,} = r_1$$

$$m = \frac{C}{C_{,,}} = \frac{r_2}{r_2 - r_1} \qquad K_1 = \frac{V^2}{8 e^2 \pi} \qquad K_2 = \frac{V^2}{8 e \pi}\left(1 - \frac{4e}{r_1}\right).$$

E_1, E_2 = Elektricitätsmengen, r = Radius eines Punktes zwischen den Schalen, r_1, r_2 = Radius der inneren und äußeren Kugel, C = Capacität, $e = r_2 - r_1$, $C_,$ = Capacität für kleines e, $C_{,,}$ = Capacität, wenn e groß gegen r_1, m = Verstärkungszahl, K_1, K_2 = Druck gegen die innere und äußere Fläche für die Flächeneinheit.

Condensator aus conaxialen Cylindern.

$$\sigma_1 = \frac{1}{4\pi} \frac{V_1 - V_2}{r_1 \log \frac{r_2}{r_1}} \qquad \sigma_2 = -\frac{1}{4\pi} \frac{V_1 - V_2}{r_2 \log \frac{r_2}{r_1}}$$

$$E_1 = -E_2 = \tfrac{1}{2} \frac{V_1 - V_2}{\log \frac{r_2}{r_1}} l. \qquad C = \tfrac{1}{2} \frac{l}{\log \frac{r_2}{r_1}}$$

$$\sigma_0 = \frac{1}{4\pi e}(V_1 - V_2)\left(1 - \frac{e}{2 r_1}\right) \qquad C' = \frac{r_1}{e} l \left(1 + \frac{e}{2 r_1}\right)$$

$$V = \frac{z E}{l} \log \frac{1}{r_1} \qquad C_0 = \tfrac{1}{2} \frac{l}{\log \frac{1}{r_1}} \qquad m = \frac{C}{C_0} = \frac{\log \frac{1}{r_1}}{\log \frac{r_2}{r_1}}.$$

E_1, E_2 = Elektricitätsmengen auf die Länge l, r_1, r_2 = Radien, C = Capacität des Systems, $e = r_2 - r_1$ = Abstand der Cylinderflächen, C' = Capacität, wenn e sehr klein, C_0 = Capacität eines einzelnen Cylinders, m Verstärkungszahl, V = Potential eines einzelnen Cylinders.

Condensator aus excentrischen Cylindern.

$$C = \frac{l}{2} \frac{1}{\log \frac{r_2}{r_1} \frac{(r_2^2 - r_1^2 - d^2 + 2 d a)}{(r_2^2 - r_1^2 + d^2 + 2 d a)}}$$

$$\sqrt{r_1^2 + a^2} = \frac{r_2^2 - r_1^2 - d^2}{2 d} \qquad \sqrt{r_2^2 + a^2} = \frac{r_2^2 - r_1^2 + d^2}{2 d}$$

$$C' = \frac{l}{2 \log \frac{r_2^2 - d^2}{r_1 r_2}} .$$

C = Capacität für die Länge l, r_1, r_2 = Radien der Cylinder, d = Abstand der Achsen, C' = annähernder Werth von C.

Influenz eines Drahtes auf eine Ebene.

$$C = \frac{l}{2 \log \frac{2\delta}{r}} .$$

δ = Abstand des Drahtes von der Ebene, r_1, l = Radius und Länge des Drahtes.

Kreisförmiger Condensator.

$$Q_1 = \frac{s}{4 e \pi} \left(1 + \frac{e}{a \pi} \left(\log \frac{17,68}{e} - 2\right) V_1 - V_2 + \frac{a}{\pi} V_1\right)$$

$$Q_2 = \frac{s}{4 e \pi} \left(1 + \frac{e}{a \pi} \left(\log \frac{17,68}{e} - 2\right) (V_2 - V_1) + \frac{a}{\pi} V_2\right) .$$

Q_1, Q_2 = Elektricitätsmengen, a = Radius der Platten, e = Abstand derselben, s = Oberfläche = $a^2 \pi$.

Specifische Inductionscapacität.

$$C = \frac{f}{d} c .$$

C = Capacität eines Condensators aus zwei planparallelen Platten, f, d = Fläche und Abstand der Platten, c = specifische Inductionscapacität.

Condensator aus ringförmigen Cylinderflächen.

$$C = \frac{2 r \pi l}{r_1} \cdot c .$$

r, r_1 = Radien ($r_1 > r$), l = Länge der Cylinder, c = spec. Inductionscapacität.

Potentielle Energie einer Leydener Flasche.

$$W = \tfrac{1}{2} V_1 Q_1 \qquad Q_1 = \frac{V_1 S_1}{4 \pi e_1} .$$

W = potentielle Energie, V_1, Q_1, S_1 = Potential, Ladung und Fläche der inneren Belegung, e_1 = Abstand der beiden Belegungen.

Unvollkommene Entladung.

$$A = W \cdot \frac{n'}{n + n'} .$$

A = Arbeit bei Verbindung der geladenen Batterie von n Flaschen mit einer ungeladenen, n, n_1 = Flaschenzahl der geladenen und ungeladenen Batterie, W = potentielle Energie der n Flaschen.

Cascadenbatterie.

$$W = \tfrac{1}{2} \frac{4 \pi e_1}{s_1} Q_1^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3} + \cdots\right) .$$

W = potentielle Energie des Systems, Q_1 = Ladung der ersten Batterie, s_1 = Belegung derselben, e_1 = Abstand der beiden Belegungen, $n_1, n_2, n_3 \ldots$ = Flaschenzahlen der hintereinander geschalteten Batterien.

Kugelförmiger Condensator.

$$W = -2\pi \frac{E_1^2}{A} D \left(1 - \frac{D}{R} + \frac{D^2}{R^2} - \cdots\right).$$

W = Arbeit bei der Entladung, E_1 = Ladung, A = Belegung = $4\pi R^2$, D = Glasdicke, R = Radius der inneren Kugel.

Kreisförmige Franklin'sche Tafel.

$$W = -2\pi \frac{E_1}{A} D \left(1 - \frac{D}{\pi R} \left(\log \frac{17,68}{D} R + 2\right)\right).$$

W = Arbeit, R = Radius der Belegungen, D, A = Abstand und Fläche der Belegungen, E_1 = Ladung der isolirten Belegung.

Langsame Entladung.

$$E = E_0 e^{-kz}.$$

E, E_0 = anfängliche und spätere Ladung, z = Zeit, $2k$ = Zerstreuungscoefficient.

Schlagweite.

$$D = \delta \frac{E}{A}.$$

E = Ladung, A = Fläche der Belegung, δ = Schlagweite, wenn $\frac{E}{A} = 1$.

Schlagweite der Seitenentladung.

$$d = g \left(\frac{E}{A}\right)^2.$$

g = Constante, d = Schlagweite der Seitenentladung.

14. Elektrische Ströme.

Ohm's Gesetz.

$$J = \frac{E}{R}.$$

J = Stromintensität, E = elektromotorische Kraft, R = Widerstand.

Kirchhoff's Sätze.

$$J_1 + J_2 + J_3 + \ldots + J_n = 0 \qquad i_1 w_1 = i_2 w_2 + i_3 w_3 + \ldots + i_n w_n = E.$$

J_1, J_2, J_3 = Intensitäten der in einem Punkt zusammentreffenden Ströme, die zufließenden mit entgegengesetztem Zeichen genommen wie die fortfließenden, $i_1, i_2, i_3 \ldots i_n$ = Stromintensitäten in den Theilen einer vollständigen Masche eines Stromnetzes, $w_1, w_2, w_3 \ldots w_n$ = entsprechende Widerstände, E = Summe der in der Masche vorhandenen elektromotorischen Kräfte.

Gesetz der Säule.

$$J = \frac{E}{W + w} = \frac{n e}{n \cdot r + w}.$$

E = gesammte elektromotorische Kraft, W = Widerstand der Elemente, w = Widerstand des Schließungsdrahtes, n = Anzahl der Elemente (hintereinander), e = elektromotorische Kraft eines Elementes, r = Widerstand eines Elements.

Maximalwirkung.

$$J = \frac{e}{\frac{w}{e} + \frac{l W}{n}} \qquad l_m = \sqrt{\frac{n w}{W}}.$$

J = Stromintensität, wenn die Elemente in Gruppen nebeneinander verbunden und diese Gruppen hintereinander geschaltet werden, n = Anzahl aller Elemente, l = Zahl der Elemente einer Gruppe, W, w = Widerstand des Schließungsdrahtes bez. eines Elements, l_m = günstigster Werth von l.

Stromtheilung in zwei Zweige.

$$i_1 = J \cdot \frac{w_2}{w_1 + w_2} \qquad i = J \frac{w_1}{w_1 + w_2}$$

$$J = \frac{E}{W + \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2}} \qquad \omega = \frac{w_1 w_2}{w_1 + w_2} .$$

J = Gesammtstromintensität bei Schließung der Kette durch 2 Drähte nebeneinander, w_1, w_2 = Widerstände der beiden Drähte, i_1, i_2 = Stromintensitäten in denselben, E = elektromotorische Kraft, W = Widerstand des Elements, ω = Widerstand der beiden Zweige zusammen.

Drei Zweige.

$$r_{(2+3+4)} = \frac{r_2 \cdot r_3 \cdot r_4}{r_2 r_3 + r_3 r_4 + r_4 r_2} .$$

$r_{(2+3+4)}$ = Widerstand der drei Zweige zusammen, r_2, r_3, r_4 = Widerstände der einzelnen Zweige.

Wheatstone's Brückenstrom.

$$i = (r_3 r_2 - r_1 r_4) : r((r_1 + r_2 + r_3 + r_4) R + (r_1 + r_2)(r_3 + r_4)) + R(r_2 + r_4)(r_1 + r_3) + r_1 r_2 (r_3 + r_4) + r_3 r_4 (r_1 + r_2) .$$

r = Widerstand der Brücke, r_1, r_3 = Widerstände der beiden Drähte links von der Brücke, oben und unten, r_2, r_4 = Widerstände der beiden Drähte rechts von der Brücke, oben und unten, R = Widerstand des übrigen Schließungskreises, i = Stromintensität des Brückenstromes.

Dubois-Reymond's Brückenstrom.

$$J = \frac{E_1}{r + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}} \qquad J_2 = \frac{E_1 r - E_2 (r + r_1)}{r r_1 + r_1 r_2 + r_2 r} .$$

J = Stromintensität der Brücke, welche die Schließung zweier nebeneinander geschalteten Elemente bildet, E_1, E_2 = elektromotorische Kräfte der beiden Elemente, r_1, r_2 = Widerstände der beiden (durch die Brücke geschlossenen) Zweige, r = Widerstand des Brückendrahtes, J_2 = Stromintensität in dem Zweige, der E_1 enthält.

Widerstand eines Prisma.

$$W = \gamma \cdot \frac{l}{q} .$$

l, q = Länge und Querschnitt, γ = spec. Widerstand.

Aenderung des Widerstandes mit der Temperatur.

$$W = c(1 + at + bt^2) .$$

W, c = Widerstände bei t^0 und 0^0, a, b = Constanten (Tab. XIV), t = Temperatur.

Widerstand einer Kugelschale.

$$W = \gamma \frac{1}{4\pi} \frac{R-r}{Rr}.$$

R, r = äußerer und innerer Radius, W = Widerstand für radiale Ströme, γ = spez. Widerstand.

Widerstand eines Cylindermantels.

$$W = \frac{\gamma}{2h\pi} \log \text{nat} \cdot \frac{R}{r}.$$

h = Höhe des Cylindermantels.

Widerstand einer ringförmigen Platte.

$$W = \frac{\gamma}{2\pi} \log \frac{R}{r}.$$

R, r = Radien der begrenzenden Kreise, W = Widerstand, γ = specifischer Widerstand.

Widerstand eines Kegelstumpfs.

$$W = \frac{\gamma e}{\pi r R} = \frac{\gamma e^2}{3V}\left(1 + \sqrt{\alpha} + \frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right).$$

e = Abstand der beiden Grundflächen, r, R = Radien derselben, $\alpha = \frac{\pi R^2}{\pi r^2}$ = Verhältnis der Endflächen, V = Volumen des Kegelstumpfs.

Isoelektrische Curven für 2 punktförmige Elektroden.

$$V = \frac{J}{4\pi K}\left(\frac{1}{\sqrt{(l+x)^2 + y^2}} - \frac{1}{\sqrt{(l-x)^2 + y^2}}\right).$$

V = Potential der freien Elektricität auf die Masseneinheit eines Punktes, $2l$ = Abstand der beiden Elektroden, x = Abscisse auf $2l$, gerechnet vom Halbirungspunkt als Anfangspunkt, y = Ordinate des Punktes, K = spec. Leitungsvermögen.

Strömungscurven bei 2 punktförmigen Elektroden.

$$\frac{l+x}{\sqrt{(l+x)^2 + y^2}} + \frac{l-x}{\sqrt{(l-x)^2 - y^2}} = \text{const.}$$

Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie zuvor.

Widerstand eines unbegrenzten Körpers.

$$W = \frac{1}{2\pi\varrho K}.$$

W = Widerstand, ϱ = Radius der Elektroden, K = spec. Leitungsvermögen.

Potential auf einer unendlich großen Platte mit n Elektroden.

$$V = M - \frac{1}{2\pi K\delta}(E_1 \log r_1 + E_2 \log r_2 + \ldots)$$

$r_1, r_2 \ldots$ = Abstände des Punktes von den Elektroden, $E_1, E_2 \ldots$ = einströmende Elektricitätsmengen, K, δ = spec. Leitungsfähigkeit und Dicke der Platten.

Potential auf einer Kreisscheibe mit 2 Elektroden.

$$V = M + \frac{1}{2\pi K\delta}\left(\log \frac{r_2}{r_1} + \log \frac{r'_2}{r'_1}\right).$$

V = Potential, M = Constante, K, δ = spez. Leitungsfähigkeit und Dicke der Platte, r_1, r_2 = Abstände eines Punktes von den Elektroden, $r'_1, r'_2 = \frac{r^2}{r_1}$ resp. $\frac{r^2}{r_2}$, r = Radius der Scheibe.

Potential einer Kreisscheibe mit mehreren Elektroden.

$$V = \text{const.} \sum \frac{E}{2\pi K \delta} \log r\,.$$

E = Elektricitätsmenge, welche durch eine Elektrode einströmt, r = Abstand des Punktes von derselben.

Potential längs eines langen Drahtes.

$$v' = V\left(1 - \frac{x}{l}\right) - 2 \cdot \sum_{0}^{\infty} \frac{1}{n\pi} \sin \frac{n\pi x}{l} \cdot e^{-\frac{n^2 \pi^2 q t}{r c l^2}}\,.$$

$$i = V \frac{q}{r}\left(1 + \frac{2}{l} \sum_{0}^{\infty} \cos \frac{n\pi x}{l} \cdot e^{-\frac{n^2 \pi^2 q t}{r c l^2}}\right).$$

v' = Potential an einer beliebigen Stelle, x = Abstand dieser Stelle von der Verbindungsstelle des Drahtes mit der Säule (das andere Ende des Drahtes und der andere Pol der Säule abgeleitet), l = Länge des Drahtes, r = spec. Leitungswiderstand, q = Querschnitt, t = Zeit nach Verbindung mit der Säule, i = Stromintensität, v = Potential an der betreffenden Stelle, c = Capacität der Längeneinheit, V = Potential an der Verbindungsstelle mit der Säule.

Arbeit bei Entladung eines Condensators.

$$A = \tfrac{1}{2}\, Q\, V = V^2\, C \text{ Erg} = \tfrac{1}{2}\, V^2\, C \frac{1}{98,1 \cdot 10^6} \text{ mkg} = \tfrac{1}{2}\, V^2\, C \frac{1}{42 \cdot 10^6} \text{ cal.}$$

A = Arbeit (mkg = Kilogrammmeter, cal = Calorien), V = Potential in Volt., C = Capacität in Farad., Q = Ladung in Coulomb.

Arbeit des Stromes.

$$A = E J = J^2\, W = \frac{E^2}{W} = \cdot \frac{E \cdot J}{9,81} \text{ mkg} = \frac{E J}{736}\, PS\,.$$

A = Arbeit (mkg = Meterkilogr., PS = Pferdestärken), E, J = elektromotorische Kraft und Stromintensität in Volt., resp. Ampère.

15. Elektrodynamik.

Ampère's elektrodynamische Grundsätze.

$$p_1 = \frac{i\, i'\, \delta l\, \delta l'}{r^2} \qquad p_2 = -\frac{i\, i'\, \delta l\, \delta l'}{2\, r^2}$$

$$p_3 = o \qquad p = \frac{i\, i'\, \delta l\, \delta l'}{r^2}\left(\cos \gamma - \frac{3}{2} \cos \alpha \cos \alpha'\right).$$

p_1 = Kraft zwischen zwei parallelen, zur Verbindungslinie senkrechten Stromelementen, p_2 = Kraft zwischen zwei Stromelementen, beide in der Richtung der Verbindungslinie, p_3 = Kraft zwischen zwei senkrecht zu einander stehenden Elementen, gleichgültig ob beide senkrecht zur Verbindungslinie oder nur das eine, p =

Kraft zwischen zwei beliebig gerichteten Stromelementen, r = Entfernung der Elemente von einander, γ = Winkel zwischen δl und $\delta l'$, δl, $\delta l'$ = Längen der Elemente, i, i' = Stromintensitäten, α, α' = Winkel der Stromrichtungen mit r.

Zwei parallele gerade Leiter.

$$P = i\, i' \frac{L}{l}.$$

P = senkrechte Totalkraft, welche der begrenzte Leiter durch den unbegrenzten erleidet, L = Länge des begrenzten Leiters, l = Abstand von dem unbegrenzten, i, i' = Stromintensitäten.

Elektrodynamische Drehung.

$$P = \frac{i\, i'}{\sin\gamma} \log \frac{l + L \sin\gamma}{l} = i\, i' \left(\frac{L}{l} + \tfrac{1}{2} \frac{L^2}{l^2} \sin\gamma + \ldots\right).$$

P = Kraft, welche den begrenzten Leiter dreht, γ = Winkel zwischen beiden Stromrichtungen, l = Entfernung desjenigen Endes des beweglichen Leiters vom festen, um welches die Drehung stattfindet, L = Länge des beweglichen Leiters.

Kleiner Kreisstrom und Stromelement.

$$P_1 = \tfrac{1}{2} \frac{i\, i'\, \omega'}{l^3} \delta\lambda \qquad P_2 = \tfrac{1}{2} \frac{i\, i'\, \omega'}{l^3} \delta\lambda$$

$$P_3 = 0 \qquad P_4 = 0 \qquad P_5 = \frac{i\, i'\, \omega'}{l^3} \delta\lambda.$$

l = Entfernung des Kreises, $\delta\lambda$ = Stromelemente, ω' = Fläche des Kreisstroms, P_1 = Kraft, wenn $\delta\lambda$ in der Richtung von l und in der Ebene von ω, P_2 = Kraft, wenn $\delta\lambda$ senkrecht zu l in der Ebene von ω, P_3 = Kraft, wenn $\delta\lambda$ senkrecht zu l und zur Ebene ω', P_4 = Kraft, wenn $\delta\lambda$ senkrecht zu ω' in der Richtung der Verbindungslinie, P_5 = Kraft, wenn $\delta\lambda$ senkrecht zu ω' und senkrecht zu l.

Wirkung eines Kreisstromes auf ein Element.

$$X = 3\, r^2 \pi\, i' \frac{i\, \varDelta s}{R^3} \beta \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi$$

$$Y = r^2 \pi\, i' \frac{i\, \varDelta s}{R^3} (3\gamma \cos\varphi^2 - \gamma\cos\varphi - 3\alpha \sin\varphi\cos\varphi)$$

$$Z = r^2 \pi\, i' \frac{i\, \varDelta s}{R^2} \beta\, (1 - 3\cos\varphi^2).$$

r = Radius des Kreisstromes, i' = Intensität des positiven Stromes, welcher von der positiven Y-Achse zur positiven Z-Achse gehen soll, i = Stromintensität des Elementes, $\varDelta s$ = Länge des Stromelementes, R = Entfernung der Mittelpunkte, φ = Winkel von R mit X, α, β, γ = Richtungscosinus von $\varDelta s$, X, Z = Kraftcomponente senkrecht zur Kreisfläche resp. in derselben und in der Ebene durch X und das Element, Y = Kraftcomponente senkrecht zu X und Z.

Wirkung zweier Kreisströme aufeinander.

$$R_1 = X = -\frac{3}{2}\, i\, i' \frac{\omega\,\omega'}{l^4} \qquad Y = 0 \qquad Z = 0$$

$$R_2 = X = Y = Z = 0$$

$$R_3 = Z = -\frac{3}{2}\, i\, i' \frac{\omega\,\omega'}{l^4} \qquad X = 0 \qquad Y = 0$$

$$R_4 = Z = \quad 3\, i\, i' \frac{\omega\, \omega'}{l^4} \qquad X = 0 \qquad Y = 0$$

$$R_5 = X = -\frac{3}{2}\, i\, i' \frac{\omega\, \omega'}{l^4} \qquad Y = 0 \qquad Z = 0$$

$$R_6 = Y = \quad \frac{3}{2}\, i\, i' \frac{\omega\, \omega'}{l^4} \qquad X = 0 \qquad Z = 0\,.$$

$i\, i'$ = Stromintensitäten, ω, ω' = Kreisflächen, l = Centraldistanz, X, Y, Z = Kraftcomponenten, R_1 = Resultante, wenn ω' in der $x\,y$-Ebene und l in der Richtung von x, R_2, R_3 = Resultante, wenn ω' in der $x\,z$-Ebene bez. parallel zur $y\,z$-Ebene, R_4 = Resultante, wenn l in der Richtung von z liegt und ω' parallel zur $x\,y$-Ebene, R_5, R_6 = Resultante, bei gleicher Richtung von l, wenn ω' in der $y\,z$- bez. $x\,z$-Ebene, ω in allen Fällen in der $x\,y$-Ebene angenommen.

Wirkung eines Kreisstromes auf einen andern.

$$\varDelta = -\frac{\pi^2\, m^2\, n^2}{2\, l^3}\, i\, i' \left(3\frac{a^2}{l^2} - 2 + \frac{15}{32}\left(7\frac{a^2}{l^2} - 4\right)\left(4 + \frac{n_2}{a^2}\right)\frac{a^2 m^2}{l^4} + \ldots\right)$$

$$l^2 = a^2 + m^2 + n^2\,.$$

m, n = Radien der beiden Kreise, welche so gelegen sind, dass die Ebene des Kreises vom Radius m durch den Mittelpunkt des andern geht, $\varDelta$ = Drehungsmoment, welches der Kreis vom Radius m auf den andern ausübt, a = Entfernung der Mittelpunkte.

Wechselwirkung zweier quadratischen Stromkreise.

$$F = 8\, i\, i' \left(\frac{a^2}{h\sqrt{a^2 + h^2}} - \frac{a^2\, h}{(a^2 + h^2)\sqrt{2\, a^2 + h^2}} + \frac{2\, h}{\sqrt{a^2 + h^2}} - \frac{h}{\sqrt{2\, a^2 + h^2}} - 1\right)\,.$$

F = Wechselwirkung, wenn die Ecken genau vertikal übereinander liegen, a = Seitenlänge, h = vertikaler Abstand der Quadrate.

Elektrodynamometer.

$$i^2 = \tfrac{1}{2}\, \frac{R^3 \varDelta}{2\, n\, n'\, r^2\, r'^2\, \pi^2}\, \operatorname{tg} u\,.$$

u = Ablenkungswinkel (sehr klein), i = Stromintensität in elektrodynamischem Maß $\left(= \frac{i}{r^2} \text{ in elektromagnetischem}\right)$, $R\ (> o)$ = Entfernung der Mittelpunkte von Multiplikator und Bifilarrolle, $\varDelta$ = statisches Direktionsmoment der Bifilarrolle, $n'\, r'$ = Windungszahl und Radius der Bifilarrolle, n, r = Windungszahl und Radius der Multiplikatorrolle, deren Achse senkrecht zum magnetischen Meridian ist und in der Ebene der Bifilarrolle in gleicher Höhe wie die Achse derselben liegt.

Wirkung eines Solenoids auf einen geraden Leiter.

$$R = \frac{K}{2}\, i\, i' \frac{\omega'}{h} (\cos \varepsilon_2 - \cos \varepsilon_1)\,.$$

R = resultirende Kraft, ε_2, ε_1 = Winkel zwischen den Endentfernungen des Leiters vom Solenoidpol und dem Leiter, h = senkrechte Entfernung des Solenoidpols vom Leiter, ω' = Fläche eines Kreisstroms, K = Anzahl der Kreisströme auf der Längeneinheit.

Wirkung zweier Solenoide aufeinander.

$$X = -\frac{KK'}{2} i\, i'\, \omega\, \omega' \left(\frac{x_2 - x'_2}{{}_2r_2^{\,3}} - \frac{x_2 - x'_1}{{}_2r_1^{\,3}} - \frac{x_1 - x'_2}{{}_1r_2^{\,3}} + \frac{x_1 - x'_1}{{}_1r_1^{\,3}} \right)$$

$$Y = -\frac{KK'}{2} i\, i'\, \omega\, \omega' \left(\frac{y_2 - y'_2}{{}_2r_2^{\,3}} - \frac{y_2 - y'_2}{{}_2r_1^{\,3}} - \frac{y_1 - y'_2}{{}_1r_2^{\,3}} + \frac{y_1 - y'_1}{{}_1r_1^{\,3}} \right)$$

$$Z = -\frac{KK'}{2} i\, i'\, \omega\, \omega' \left(\frac{z_2 - z'_2}{{}_2r_2^{\,3}} - \frac{z_2 - z'_1}{{}_2r_1^{\,3}} - \frac{z_1 - z'_2}{{}_1r_2^{\,2}} + \frac{z_1 - z'_1}{{}_1r_1^{\,3}} \right).$$

X, Y, Z = Componenten der Totalwirkung, KK' = Anzahl der Kreisströme auf die Längeneinheit, ω, ω' = Flächen der Kreisströme, x, y, z = Coordinaten eines Pols des einen Solenoids (für den einen gilt der Index 1, für den andern 2), x' y' z' = Coordinaten eines Pols des andern Solenoids, r = Entfernung der durch die Indices angedeuteten Solenoidpole.

Wirkung zweier Solenoidpole aufeinander.

$$R = \frac{K i \omega \cdot K' i' \omega'}{2 r^2}.$$

R = Kraft, K, K', i, i', ω, ω' = dieselben Größen wie zuvor, r = Entfernung der beiden Pole.

Wirkung eines Magnetpols auf ein Stromelement.

$$p = \frac{Mi}{r^2} \sin \varepsilon\, \delta l.$$

p = Kraft, M = Stärke des Magnetpols, i = Stromintensität, r = Entfernung, δl = Länge des Stromelements, ε = Winkel zwischen r und δl.

Wirkung eines horizontalen Drahtes auf eine Magnetnadel.

$$i = H \cdot \text{const.} \frac{\sin \psi}{\cos(\psi - \varphi)}.$$

H = horizontale Intensität des Erdmagnetismus, φ = Winkel des Drahtes mit dem Meridian, ψ = Ablenkung der Nadel.

Wirkung eines Kreisstromes auf einen magnetischen Punkt.

$$X = \frac{r^2 \pi i \mu}{R^3} (1 - 3 \cos \varphi^2) \qquad Y = 0$$

$$Z = -3 \frac{r^2 \pi i \mu}{R^3} \sin \varphi \cdot \cos \varphi.$$

X = Kraftcomponente senkrecht zur Ebene des Kreises, Z = Kraftcomponente in der Kreisebene und der durch X und den magnetischen Punkt gelegten Ebene, Y = Kraftcomponente senkrecht zu X und Z, r, i = Radius und Intensität des Kreisstroms, R = Entfernung seines Mittelpunktes vom magnetischen Punkt (sehr groß), φ = Winkel zwischen R und X.

Wirkung eines vielfachen Kreisstromes auf eine sehr kleine Magnetnadel.

$$i = \frac{H \cdot R^3}{2 n r^2 \pi} \operatorname{tg} u.$$

n = Anzahl der Windungen, u = Ablenkungswinkel (klein), H = horizontale Componente des Erdmagnetismus, R = Entfernung des Kreisstroms (sehr groß gegen r).

Absolutes elektromagnetisches Maß der Stromintensität.

$$i = \frac{H}{2 n r^2 \pi} \cdot \frac{R^5 \operatorname{tg} u - R_1^5 \operatorname{tg} u_1}{R^2 - R_1^2} .$$

u, u_1 = Ablenkungswinkel bei zwei Beobachtungen, R, R_1 = entsprechende Entfernungen, n, r = Zahl und Radius der Windungen, H = horizontale Kraftcomponente des Erdmagnetismus.

Wirkung eines vielfachen Kreisstromes auf eine kleine Magnetnadel in geringer Entfernung.

$$i = \frac{H (R^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}}{2 n r^2 \pi} \operatorname{tg} u .$$

i = Stromintensität, u = Ablenkung, n, r = Zahl und Radius der Windungen, R = Entfernung der Mittelpunkte, H = horizontale Componente des Erdmagnetismus.

Wirkung eines Magneten auf ein Stromelement.

$$X = 3 \frac{M i \Delta s}{R^3} \beta \sin \varphi \cdot \cos \varphi .$$

$$Y = \frac{M i \Delta s}{R^3} (3 \gamma \cos \varphi^2 - \gamma \cos \varphi - 3 \alpha \sin \varphi \cos \varphi)$$

$$Z = \frac{M i \Delta s}{R^3} \beta (1 - 3 \cos \varphi^2) .$$

M = magnetisches Moment, Δs = Länge des Stromelements, α, β, γ = Richtungscosinus von Δs, R = Entfernung der Mittelpunkte, φ = Winkel zwischen R und Δs, X, Y, Z = Kraftcomponenten.

Wirkung eines Kreisstromes auf eine Magnetnadel.

$$P = \frac{2 M i \Omega}{(R^2 + (l + L^2))^{\frac{3}{2}}} \qquad P' = 2 \frac{\pi M i}{R} .$$

P = Kraft auf einen Pol der Nadel, M = Polmagnetismus, Ω = Kreisfläche = πR^2, R = Kreisradius (groß angenommen), l = Entfernung der Mittelpunkte, angenommen die Nadel liege auf der Achse des Kreises, und sei dieser gleich gerichtet, $2 L$ = Länge der Nadel, P' = Kraft für eine sehr kleine Nadel im Centrum.

Der Magnet außerhalb des Kreises in der Kreisebene.

$$p L = 2 \frac{M i \Omega L}{l^3} \left(1 + 3 \frac{L}{l}\right) .$$

p = Kraft auf einen Pol wirkend, L = halbe Länge der Nadel, l = Mittelpunktsentfernung, der Magnet außerhalb in der Kreisebene angenommen, und zwar so liegend, dass seine Achse durch den Mittelpunkt geht, M = Polmagnetismus.

Der Magnet außerhalb in der Achse des Kreises.

$$E \operatorname{tg} \alpha = \frac{2 i \Omega}{(R^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \left(1 - \frac{3 L^3 (4 l^2 - R^2)}{4 (R^2 + l^2)} (1 - 5 \sin^2 \alpha)\right) .$$

E = Horizontalintensität des Erdmagnetismus, R, Ω = Kreisradius und Fläche, α = Ablenkungswinkel, i = Stromintensität, l = Mittelpunktsdistanz.

Tangentenbussole.

$$i = \frac{rH}{2n\pi} \operatorname{tg} u.$$

H = Horizontalintensität des Erdmagnetismus, n = Anzahl der Windungen, u = Ablenkung, r = Kreisradius.

Bifilarrolle.

$$i = \frac{\varDelta}{m\varrho^2 \pi H} \operatorname{tg} v.$$

m, ϱ = Anzahl und Radius der Windungen, $\varDelta$ = statisches Direktionsmoment, v = Ablenkung, H = horizontale Componente des Erdmagnetismus.

Sinusbussole.

$$i = \frac{HR}{2n\pi} \sin \psi.$$

i = Stromintensität, H = Horizontalintensität des Erdmagnetismus, R, n = Radius und Anzahl der Windungen, ψ = Ablenkung.

Kurz dauernder Strom.

$$i\vartheta = \frac{\pi^2}{180} \frac{H\tau\varepsilon}{A}.$$

i, ϑ = Intensität und Dauer des Stromes, H = Horizontalintensität des Erdmagnetismus, τ = Schwingungsdauer der Magnetnadel, ε = Elongation, A = $\frac{2nr^2\pi}{(R^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}$, R = Mittelpunktsdistanz, r = Kreisradius, n = Anzahl der Windungen.

16. Magnetismus.

Magnetische Attraction.

$$p = \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

p = Kraft, m_1, m_2 = magnetische Massen, r = Entfernung.

Attraction einer kreisförmigen Doppelschicht.

$$p = 2\pi\varrho\left(\frac{x+c}{\sqrt{(x+c)^2+a^2}} - \frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}\right)$$

$$p' = 2\pi\varrho c \frac{a^2}{(x^2+a^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

ϱ = Masse der Flächeneinheit, x = Entfernung des angezogenen Punktes von der zunächst liegenden Scheibe, c, a = Abstand und Radius der Scheiben, p' = Kraft, wenn c verschwindend klein.

Wirkung eines Magneten auf eine kleine Magnetnadel in den Hauptstellungen.

$$d_1 = \frac{2MM_1}{r^3} \qquad d_2 = \frac{MM_1}{r^3}.$$

d_1 = Drehmoment in der ersten Hauptlage, d. h. wenn die Verlängerung des Magnetstabes den Mittelpunkt der Nadel trifft und zu dieser senkrecht steht, d_2 = Drehmoment in der zweiten Hauptlage, d. h. wenn die Verlängerung der Nadel den

Mittelpunkt des Magneten trifft, M, M_1 = Momente des Magneten und der Nadel, r = Entfernung der Mittelpunkte (sehr groß gegen die Länge der Nadel).

Ablenkung einer Magnetnadel in den Hauptstellungen.

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{M}{H} \cdot \frac{1}{r^3} \qquad \operatorname{tg} \varphi_2 = 2 \frac{M}{H} \cdot \frac{1}{r^3}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{M}{H} \left(\frac{x}{r^3} + \frac{y}{r^5} + \dots \right) .$$

φ_1, φ_2 = Ablenkungswinkel in den Hauptstellungen, H = horizontale Componente des Erdmagnetismus, M = Magnetismus des Stabes, r = Entfernung der Mittelpunkte, φ = Ablenkung, wenn r nur klein ist, x, y = Constante.

Ablenkung einer kleinen Nadel durch einen Magneten.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a \cdot \sin \beta}{r - a \cos \beta} \qquad \operatorname{tg} \gamma = \frac{r \cdot \sin \beta}{r \cos \beta - a} .$$

α = Winkel von r mit der Nadelrichtung, r = Entfernung der Mittelpunkte, a = Entfernung des Schnittpunktes beider Achsen von der Mitte des Stabes, β = Winkel von r mit der Achse des Stabes, γ = Winkel der beiden Achsen.

Wirkung eines Magnetstabes auf eine kleine Nadel.

$$R^2 = P^2 + Q^2 \qquad \operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{Q} \qquad P = M m r \sin \beta \left(\frac{1}{r_2^3} - \frac{1}{r_1^3} \right)$$

$$Q = M m r \cos \beta \left(\frac{1}{r_2^3} - \frac{1}{r_1^3} \right) + M m L \left(\frac{1}{r_2^3} + \frac{1}{r_1^3} \right) .$$

R = Gesammtwirkung auf einen Pol der Nadel, γ = Winkel der Nadel mit der Magnetachse, m, M = freier Magnetismus der Pole der Nadel bez. des Magnetstabes, r_1, r_2 = Entfernungen von den beiden Polen des Magneten, β = Winkel von r mit der Achse des Magneten, r = Entfernung der Mittelpunkte.

Wirkung eines Magnetstabes auf eine kleine Magnetnadel in großer Entfernung.

$$R = \frac{2 M m L}{r^3} \cdot \frac{b}{a} \qquad \operatorname{tg} \gamma = \frac{3 \sin \beta \cdot \cos \beta}{3 \cos^2 \beta - 1} .$$

R = resultirende Kraft, M, m = Magnetismen von Stab und Nadel, $M \cdot L$ = magnetisches Moment des Stabes, L = halbe Länge des Stabes, r = Entfernung der Mittelpunkte, b, a = Entfernungen des Durchschnittspunktes der Achsen von der Mitte der Nadel resp. von der des Magneten, γ = Winkel der Achsen.

Magnetisches Moment eines Rotationsellipsoids.

$$M = \frac{4}{3} K \pi H \frac{a r^2}{1 + \frac{4}{3} K \pi \frac{r^2}{a^2}} \qquad M_o = \frac{K v H}{1 + 4 \pi K} .$$

$$M_k = \frac{K v H}{1 + \frac{4}{3} \pi K} \qquad M_l = K v H .$$

M = magnetisches Moment nach der Rotationsachse, K = Coefficient des vertheilten Magnetismus, r = Achse des größten Kreisschnittes, H = magnetisirende Kraft, a = Rotationsachse des Ellipsoids, v = Volumen des Ellipsoids, M_o = Moment für ein sehr flaches Ellipsoid, M_k = Moment für eine Kugel, M_l = Moment für ein sehr lang gestrecktes Ellipsoid.

Poldistanz eines gleichmäßig magnetischen Rotationsellipsoids.

$$L^2 = \frac{3}{5}(a^2 - r^2) .$$

$2L$ = Abstand der Pole, a, r = Haupt- und Nebenachse.

Tragkraft eines Hufeisenmagneten.

$$Q = c \cdot P^{\frac{2}{3}} .$$

Q = Tragkraft, P = Gewicht des Magneten, c = Constante.

Tragkraft eines Lamellenmagneten.

$$Q = m^{\frac{1}{3}} \cdot c \cdot P^{\frac{2}{3}} .$$

m = Anzahl der Lamellen.

Magnetische Curven.

$$\frac{l+x}{\sqrt{(l+x)^2+y^2}} + \frac{l-x}{\sqrt{(l-x)^2+y^2}} = \text{const.}$$

$2l$ = Länge des Magnetstabes, x, y = Coordinaten eines Punktes, der Mittelpunkt des Magneten als Anfangspunkt genommen, dessen Achse als x-Achse.

Potential eines ganzen Magneten.

$$V = 2Ml\frac{e}{R^2} .$$

V = Potential des einen Magnetismus, $2Ml$ = magnetisches Moment, e = Cosinus des Winkels zwischen R und l, R = Entfernung.

Kraft eines ganzen Magneten.

$$P = \frac{2Ml}{R^3}\sqrt{(1+3e^2)} \qquad \varphi = \frac{3e^2-1}{\sqrt{(1+3e^2)}} \qquad \psi = \frac{2e}{\sqrt{(1+3e^2)}} .$$

P = resultirende Kraft des einen Magnetismus, φ = Winkelcosinus von P mit $2l$, l = halbe Achse des Magneten, ψ = Winkel zwischen P und R, R = Entfernung des Punktes von der Mitte des Magneten, e = Winkelcosinus von R und l.

17. Induction.

Neumann's und W. Weber's Inductionsgesetz.

$$e_1 \delta\lambda' = -K\frac{\delta\lambda\,\delta\lambda'}{r}\cdot\frac{di}{dt}\cos\gamma$$

$$e_2 \delta\lambda' = -K\frac{\delta\lambda\,\delta\lambda'}{r}\frac{di}{dt}\cos\alpha\cdot\cos\alpha' .$$

e_1, e_2 = inducirte elektromotorische Kraft nach Neumann resp. W. Weber, $\delta\lambda$, $\delta\lambda'$ = inducirtes und inducirendes Stromelement, i = Stromintensität, t = Zeit, γ = Winkel der Leiterelemente unter sich, α, α' = Winkel der Stromelemente mit r, r = Entfernung der beiden Elemente, K = Constante.

Induction eines magnetischen Punktes auf einen Kreis.

$$Q = -4\pi\varepsilon\frac{M}{w'} .$$

Q = inducirte Strommenge, wenn der Punkt einen Umlauf durch den Kreis und außen wieder zurück ausführt, M = Magnetismus, w' = Widerstand, ε = Inductionsconstante (von Stoff und Querschnitt des Leiters unabhängig).

Induction eines Kreises auf einen zweiten.

$$F = \varepsilon\,(i_1\,P_1\,(s\,\sigma) - i_0\,P_0\,(s\,\sigma))\,.$$

F = inducirte elektromotorische Kraft, i_0, i_1 = Intensitäten des inducirenden Stromes zu Anfang und zu Ende, $P_0\,(s\,\sigma)$, $P_1\,(s\,\sigma)$ = Potentiale der vom Strom 1 durchflossenen Stromkreise auf einander zu Anfang und zu Ende, ε = Inductionsconstante.

Potential zweier Drahtkreise aufeinander.

$$P_{12} = 4\,\pi\,a\left(\log\frac{8\,a}{\sqrt{c^2+b^2}} - 2\right).$$

P_{12} = Potential, a, $(a+c)$ = Radien der beiden Kreise, b = Abstand der Ebenen derselben.

Potential einer Rolle auf sich selbst.

$$P = 4\,\pi\,a\,n^2\left(\log\left(\frac{8a}{c}\right) + \frac{1}{12} - \frac{\pi}{3}\,x - \frac{1}{2}\log\left(1+x^2\right) + \frac{1}{12}\,\frac{1}{x^2}\log\left(1+x^2\right)\right.$$
$$\left. + \frac{1}{12}\,x^2\log\left(1+\frac{1}{x^2}\right) + \frac{2}{3}\left(x - \frac{1}{x}\right)\operatorname{arc\,tg} x\right).$$

P = Potential oder Coefficient der Selbstinduction, n = Windungszahl, b = Länge der Rolle, $a = a_0 + \frac{1}{2}\,c$, $x = \frac{b}{c}$, a_0, $a_0 + c$ = Radius der innersten bez. äußersten Windung bis zur Achse des Drahtes.

Potential zweier gleichen, einander parallelen Spiralen auf sich selbst.

$$p = \frac{n^2}{b^2}\left(2\,b^2\,F\left(\frac{b}{c}\right) + b_1^{\,2}\,F\left(\frac{b_1}{c}\right) + (2\,b+b_1)^2\,F\left(\frac{2\,b+b_1}{c}\right) - 2\,(b+b_1)^2\,F\left(\frac{b+b_1}{c}\right)\right).$$

b = Breite der beiden Spiralen, b_1 = Abstand derselben, $F\left(\frac{b}{c}\right) = \frac{P}{n^2}$ wobei P denselben Ausdruck bedeutet wie zuvor (Potential einer Rolle auf sich selbst).

Induction eines Magneten auf einen Drahtkreis.

$$I = -\,2\,\varepsilon\,\lambda\,m\,\pi\,((\cos\varphi_1 - \cos\varphi_0) - (\cos\psi_1 - \cos\psi_0))$$

$$I' = -\,2\,\varepsilon\,\lambda\,m\,\pi\,(\cos\varphi_1 - \cos\psi_1) \qquad I_m = -\,\frac{4\,\varepsilon\,\lambda\,m\,\pi\,l}{\sqrt{l^2+4\,r^2}}\,.$$

I = inducirte Stromintensität, r = Radius des Drahtkreises, l = Länge des Magnetstabes, lm = Moment des Magneten, φ, ψ = Winkel zwischen der Achse des Leiters und den von den Polen zu der Peripherie desselben gezogenen Linien. Die Indices 0,1 bedeuten Anfangs- und Endwerth, λ = reciproker Werth des Widerstandes des Leiters, ε = Inductionsconstante, I' = Stromintensität, wenn der Magnet dem Leiter aus unendlicher Entfernung bis zur ersten Lage genähert wird, oder in dieser Lage entsteht, I_m = maximale Stromintensität, d. h. wenn die Ebene des Leiters die Achse des Magneten in der Mitte schneidet.

Induction in der Umwicklung eines cylindrischen Ankers.

$$i = \frac{n\,a\,E}{a\,\pi\,r\,(2\,n\,K + n^2\,(d+\delta)) + w\,(d+\delta)}$$

$$i_m = \frac{E}{2(K\pi r + (d+\delta)\sqrt{\frac{\pi r w}{a}}} \qquad n_m = \sqrt{\frac{w}{a\pi r}}\ .$$

m, n = Anzahl der neben- und übereinanderliegenden Windungen, a = Länge des von den Windungen bedeckten Theils des Ankers, E = die in jeder Windung inducirte elektromotorische Kraft, $d + \delta$ = Dicke des Drahtes mit seiner Umspinnung, l = gesammte Länge des Drahtes, r = Widerstand der Längeneinheit des Drahtes, K = Radius des cylindrischen Ankers, w = Widerstand des Drahtes außer den Windungen, i_m = maximale Stromintensität, n_m = Zahl der Windungen für maximale Stromintensität.

Erdinduction.

$$J = \frac{\varepsilon N F}{R}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_0)\ .$$

J = durch den Erdmagnetismus inducirte Intensität, ε = Inductionsconstante, R = Widerstand des Schließungskreises, N = auf der Drehachse des Leiters senkrechte Componente des Erdmagnetismus, φ = Winkel zwischen N und der Normalen auf die Ebene des Leiters, und zwar φ_0 und φ_1 in zwei verschiedenen Lagen.

Unipolare Induction.

$$J = 2\pi\varepsilon\lambda\mu\left(\frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} - \frac{l+x}{\sqrt{r^2+(l+x)^2}}\right).$$

J = inducirte Stromintensität, l = Länge des Magneten, μl = Moment desselben, ε = Inductionsconstante, x = Abstand der Scheibe (auf welcher die eine Contactfeder schleift) vom Pol des Magneten (die andere Feder auf der Achse schleifend angenommen), r = Radius der Scheibe, λ = Leitungsfähigkeit des inducirten Kreises.

Zeitlicher Verlauf des Extrastromes.

$$J = \frac{E}{W}\left(1 - e^{-\frac{W}{P}t}\right)$$

$$F = \frac{E}{W}\left(t - \frac{P}{W}\left(1 - e^{-\frac{W}{P}t}\right)\right).$$

J = momentane Stromintensität, t = Zeit seit Beginn der Schließung, E = elektromotorische Kraft des primären Stromes, W = Widerstand des Schließungskreises, P = Potential der in demselben befindlichen Spirale auf sich selbst, F = Gesammtintensität des Stromes von Anfang der Schließung bis zur Zeit t (die Inductionsconstante $\varepsilon = 1$ angenommen).

Induction in einen gedrehten kreisförmigen Leiter.

$$\sum K = -\frac{2M}{R^3}(S_2 - S_1) \qquad \sum K' = \frac{2M}{R^3} 2r^2\pi\ .$$

ΣK = Summe der elektromotorischen Kräfte, M = Moment des Magneten, R = Entfernung der Mittelpunkte. S_2, S_1 = Projection der Kreisfläche auf die Ebenen senkrecht zum Magneten zu Ende und zu Anfang, $\Sigma K'$ = elektromotorische Kraft, wenn der Kreis ursprünglich zum Magneten senkrecht war und dann um 180° gedreht wird, r = Radius des Kreises.

Inductionsmagnetometer.

$$\sum K = H\, 2r^2\pi \qquad \operatorname{tg}\beta = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon}$$

$$C\varepsilon = i\,\vartheta = \frac{H\,2\,r^2\,\pi}{w} \qquad C\varepsilon' = i'\,\vartheta' = \frac{V\,2\,r^2\,\pi}{w}.$$

$\Sigma\, K$ = inducirte elektromotorische Kraft, wenn der Kreis zu Anfang und Ende (d. h. nach Drehung um 180° um eine senkrechte Achse), senkrecht zum Meridian, H = Horizontalintensität des Erdmagnetismus, r = Radius des Kreises, C = Constante der Tangentenbussole, ε = Ablenkung, i = Stromintensität, ϑ = Dauer des Stromes, V = vertikale Intensität des Erdmagnetismus, i', ϑ', ε' = dieselben Größen, wie oben bei Drehung um 180° um eine horizontale Achse im magnetischen Meridian, wenn die Kreisfläche zu Anfang und Ende horizontal war, β = Inclination, w = Widerstand.

Widerstand in absolutem Maße.

$$W = \frac{180}{\varepsilon} \cdot \frac{4\,n\,n'\,r^2}{\tau \cdot r'}.$$

W = Widerstand der ganzen Leitung in absolutem Maße, n = Anzahl der Windungen des gedrehten Leiters, r = Radius derselben, n', r' = Anzahl und Radius der Windungen des Magnetometers, τ, ε = Schwingungsdauer und Ablenkung des Magneten.

Magnetisirung eines Eisenstabs durch einen rechtwinklig zu ihm gestellten geraden Leiter.

$$m' = K\frac{i\,h}{h^2+x^2} = K\frac{i}{h}\cos^2\varphi \qquad m = 2\,K\,\frac{i\,h\,x}{(h^2+x^2)^2} = 2\,K\,\frac{i}{h^2}\sin\varphi\cdot\cos^3\varphi.$$

$$N = 2\,K\,i\,\omega \qquad \Phi\ \mathrm{tg}\,\Phi = \frac{h}{L}.$$

m', m = Mengen des inducirten ganzen und freien Magnetismus, abgesehen von dem gegenseitigen Einfluss der Theile, K = magnetischer Inductionscoefficient, i = Stromintensität, h = kleinste Entfernung von Stab und Leiter, x = Entfernung des Theilchens vom Fußpunkt von h, φ = Winkel zwischen h und der Verbindungslinie des Theilchens mit dem Anfangspunkt von h, N = Moment des ganzen Stabes, ω = Querschnitt des Stabes, $2\,L$ = Länge desselben.

Erregung durch einen Kreisstrom.

$$N = 4\,K\,\pi\,i\,\omega\,\sin\Phi \qquad \mathrm{tg}\,\Phi = \frac{L}{R}.$$

N = Moment des ganzen Stabes, i = Stromstärke, R = Kreisradius, $2\,L$, ω = Länge und Querschnitt des Stabes, K = magnetischer Inductionscoefficient.

Erregung durch eine Drahtschraube.

$$N = 8\,k\,\pi\,\omega\,i\,n\left(1 - \tfrac{1}{2}\frac{R^2}{L^2 - l^2}\right).$$

$2\,l$ = Länge des von Windungen bedeckten Theils des Stabes (in der Mitte), $2\,n$ = Anzahl der Windungen. Die übrigen Buchstaben bedeuten dasselbe wie zuvor.

Arbeit von Dynamomaschinen.

$$A = \frac{E\cdot J}{736} \qquad S = \frac{E_p\,J}{736} \qquad \eta = \frac{S}{A} = \frac{W_e}{W_e + W_i}.$$

A = gesammte elektrische Arbeit in Pferdestärken, E, J = elektromotorische Kraft in Volt, Stromintensität in Amper, E_p = Polklemmenspannung, S = Nutz- oder Stromarbeit, η = elektrischer Nutzeffekt und Güteverhältnis, W_e, W_i = Widerstand der äußeren Leitung bez. der Maschine.

Stromintensität von Dynamomaschinen.

$$J = \frac{n\,v\,M}{W}.$$

J = Stromintensität (Amper), n = Anzahl der Windungen des Ankers, v = Tourenzahl pro Minute, M = wirksamer Magnetismus der Maschine, W = Gesammtwiderstand.

Elektrische Kraftübertragung.

$$T_1 = \frac{E_1\,J}{736} + F_1 \qquad T_2 = \frac{E_2\,J}{736} - F_2\,.$$

$$\eta_1 = \frac{E_2}{E_1}. \qquad \eta = \frac{T_2}{T_1}.$$

T_1 = die an der primären Maschine aufgewandte mechanische Arbeit in Pferdestärken, T_2 = die an der secundären Maschine wiedergewonnene mechanische Arbeit, J = die im Gesammtstromkreis herrschende Stromstärke in Amper, E_1, E_2 = elektromotorische Kraft der primären bez. secundären Maschine in Volt, F_1, F_2 = Verlust, der bei der Umsetzung der mechanischen bez. elektrischen Energie in elektrische bez. mechanische stattfindet, η_1, η = elektrischer resp. mechanischer Nutzeffekt.

18. Oscillationen.

Pendel.

$$\tau = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$\tau' = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left(1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin\frac{\varepsilon^2}{2} + \left(\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4}\right) \sin\frac{\varepsilon^4}{2} + \left(\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\right)^2 \sin\frac{\varepsilon^6}{2} + \ldots\right).$$

τ = Dauer einer ganzen Schwingung, l = Länge des Pendels, g = Beschleunigung durch die Schwere, ε = Elongation, d. h. Winkelentfernung zwischen tiefster und höchster Lage, τ' = genauerer Werth der Schwingungszeit.

Pendelnde Kugel an einem Faden.

$$l = z + \frac{2}{5}\cdot\frac{s^2}{z}.$$

l = reducirte Pendellänge, d. h. Länge eines einfachen Pendels von gleicher Schwingungsdauer, s = Radius der Kugel, z = Abstand des Centrums vom Aufhängepunkt.

Reversionspendel.

$$L = \frac{M\,R^2 + m\,r^2}{M\,R + m\,r}.$$

L = reducirte Pendellänge, M, m = Massen, R, r = Entfernungen vom Aufhängepunkte.

Torsionspendel.

$$t = \pi\sqrt{\frac{2\,l\,T}{E\,\tau}}.$$

t = Schwingungsdauer, T = Trägheitsmoment des Körpers, l = Länge des Drahtes, E = Elasticitätsmodul, τ = Trägheitsmoment des Drahtquerschnitts.

Bifilarpendel.

$$l = \frac{T \cdot g}{\varDelta}.$$

l = Länge eines einfachen Pendels von gleicher Schwingungsdauer, T = Trägheitsmoment des Körpers, $\varDelta$ = statisches Directionsmoment, g = Fallbeschleunigung.

Magnetische Schwingungen.

$$T = \pi \sqrt{\frac{K}{EN}}.$$

T = Schwingungsdauer eines Magneten, K = Trägheitsmoment, E = horizontale Intenstiät des Erdmagnetismus, N = magnetisches Moment.

Kleine Schwingungen einer gedämpften Nadel.

$$x = \frac{\xi}{2r} e^{-\varepsilon t} \left((\varepsilon + r) e^{rt} - (\varepsilon - r) e^{-rt} \right) \qquad r = \sqrt{\varepsilon^2 - n^2}.$$

x = Ablenkung der Nadel, t = Zeit, n^2 = Richtkraft, welche auf die Nadel wirkt, dividirt durch das Trägheitsmoment, $2\,\varepsilon$ = verzögernde Kraft der Dämpfung für die Geschwindigkeit der Nadel = 1, dividirt durch das Trägheitsmoment.

Schwingungsdauer ohne Dämpfung.

$$\frac{\pi^2}{T^2} = \frac{\pi^2}{T_1^2} + \frac{l^2}{\mu^2\, T_1^2}.$$

T, T_1 = Schwingungsdauer ohne und mit Dämpfung, μ = Modulus der Briggschen Logarithmen, $l = \mu \cdot \lambda$, λ (= $\log e^{\varepsilon T_1}$) = logarithmisches Decrement der Schwingungen.

Größere Schwingungen einer Magnetnadel.

$$T = T_0 \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{1}{4} \alpha + \frac{1}{4} \cdot \frac{9}{16} \cdot \sin^4 \frac{1}{4} \alpha + \ldots \right).$$

α = Schwingungsbogen, T, T_0 = Schwingungsdauer für α, bez. für kleine Schwingungen.

Schwingungen in Folge eines kurzdauernden Stromes.

$$\tau\, i = \frac{(1 + \zeta)\, H\, r\, T^2\, \alpha}{2\, n\, \pi^3}.$$

i = Stromintensität, α = Elongation, H = horizontale Componente des Erdmagnetismus, ζ = Constante = $\frac{\vartheta}{MH}$, ϑ = Directionskraft des Fadens, M = magnetisches Moment, n, r = Zahl und Radius der Windungen, τ = Dauer des Stromes, T = Schwingungsdauer der Nadel.

19. Akustik.

Transversalschwingungen der Saiten.

$$T = 2\sqrt{\frac{pL}{gP}} = LD\sqrt{\frac{\pi s}{gP}} \qquad m = \frac{n+1}{LD}\sqrt{\frac{gP}{\pi s}}.$$

T = Schwingungsdauer einer Saite, p = Gesammtgewicht derselben, L = Länge, P = spannendes Gewicht, g = Fallbeschleunigung, D = Dicke, s = specifisches Gewicht, m = Schwingungszahl eines Obertons, n = beliebige ganze Zahl.

Longitudinalschwingungen von Saiten.

$$T' = 2L\sqrt{\frac{s\varepsilon}{g}} = 2\sqrt{\frac{\varepsilon p L}{g a}} \qquad m = (n+1)\tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{ga}{\varepsilon p L}}.$$

T' = Schwingungszeit, p = Gewicht, ε = Coefficient der elastischen Verlängerung = dem reciproken des Elasticitätsmodulus, a = Querschnitt, m = Schwingungszahl des nten Obertons, n = eine ganze Zahl.

Transversalschwingungen elastischer Stäbe.

$$T = \frac{2\pi}{\varrho^2}\,\frac{L^2}{D}\cdot\sqrt{\frac{12\,\varepsilon s}{g}} \qquad m = \frac{\varrho^2}{2\pi}\,\frac{D}{L^2}\cdot\sqrt{\frac{g}{12\,\varepsilon s}}.$$

T = Schwingungszeit, $\varrho = 1{,}87510$, L, D = Länge und Dicke des Stabes, $\frac{1}{\varepsilon}$ = Elasticitätsmodul, m = Schwingungszahl.

Longitudinalschwingungen elastischer Stäbe.

$$m' = \frac{1}{4L}\sqrt{\frac{g}{\varepsilon\cdot s}}.$$

m' = Schwingungszahl.

Drehende Schwingungen.

$$T'' = 4L\sqrt{\frac{\tau s}{g}}. \qquad m'' = \frac{1}{4L}\sqrt{\frac{g}{\tau\cdot s}}.$$

T'' = Schwingungszeit, m'' = Schwingungszahl, L, s, g = Länge, specifisches Gewicht und Fallbeschleunigung, τ = Coefficient der Torsionselasticität.

Schwingungscurven.

$$x = a\cdot\sin\frac{2\pi}{T_1}t \qquad y = a\cdot\sin\frac{2\pi}{T_2}(t-\tau).$$

x, y = Coordinaten, T_1, T_2 = Dauer der ganzen Schwingungen, τ = Zeit, um welche die zweite Bewegung später durch o geht als die erste $\left(\frac{2\pi\tau}{T_2} = \text{Phasendifferenz}\right)$, a, b = Schwingungsweiten, von der Mittellage an gerechnet.

Schallgeschwindigkeit.

$$U = \sqrt{K\frac{p}{D}}.$$

U = Schallgeschwindigkeit, $K = \frac{c_p}{c_v}$ = Verhältnis der specifischen Wärme bei constantem Druck zur specifischen Wärme bei constantem Volum, p, D = Druck und Dichte.

Orgelpfeifen.

$$m = \frac{nU}{2L} \qquad m' = \frac{(2n+1)}{4L} U .$$

m = Schwingungszahl einer offenen Pfeife, L = Länge des Rohres, m' = Schwingungszahl einer gedeckten Pfeife, n = ganze Zahl, U = Schallgeschwindigkeit.

Cubische Pfeifen.

$$m = \frac{a}{2\sqrt{(LD)}} \cdot \sqrt[4]{\frac{h}{B}} .$$

m = Schwingungszahl, h, B = Höhe und Breite der Blasöffnung.

Genauere Formel für cubische Pfeifen.

$$m = \frac{U}{2\,(L + c\,(B + D)\,K)} \qquad K = 2 + \frac{S - s'}{\sqrt{S s'}} + \frac{S - s''}{\sqrt{S s''}} .$$

m = Schwingungszahl, U = Schallgeschwindigkeit, L, B, D = Länge, Breite und Dicke der Pfeife, S, s', s'' = Querschnitt des Prismas und Flächen der oberen und unteren Oeffnung, c = 0,187 für offene Pfeifen.

Fortschreitende Schwingungen.

$$s' = a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{x}{v}\right)\right) \qquad s = a \cdot \sin\frac{2\pi}{\tau}\, t .$$

$$\lambda = v\,\tau \qquad d = \frac{2\pi}{\tau} \cdot \frac{x}{v} = \frac{m\,x}{\lambda} \qquad r = \frac{x}{v} .$$

s = Schwingung eines Theilchens der Reihe, s' = Schwingung eines andern entfernteren, x = Abstand der beiden Theilchen, v = Fortpflanzungsgeschwindigkeit, τ = Schwingungsdauer, t = Zeit seit Beginn der Schwingungen, λ = Wellenlänge, d = Phasendifferenz, r = Verzögerung.

Dämpfung einer Schwingung.

$$s = a\, e^{-px} \sin\frac{2\pi}{\lambda}\,(v\,t - x) .$$

a = Amplitude am Anfangspunkt, s = Schwingung an einem entfernten Punkt, x = Entfernung dieses Punktes vom Anfang, t = Zeit, v = Geschwindigkeit, λ = Wellenlänge, p = Constante.

Wellenlänge.

$$\lambda = U \cdot \tau .$$

λ = Wellenlänge, U = Fortpflanzungsgeschwindigkeit, τ = Schwingungszeit.

Einfacher Schwingungszustand.

$$x = a \cdot \sin\left(2\pi\frac{t}{T}\right) \qquad x' = a' \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{\tau} - \frac{l}{\lambda}\right)\right)$$

$$u = u_0 \cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right) \qquad u' = u'_0 \cos\left(2\pi\left(\frac{t}{\tau} - \frac{l}{\lambda}\right)\right)$$

$$u_0 = \frac{2\pi a}{\tau} = \frac{2\pi a U}{\lambda} \qquad u'_0 = \frac{2\pi a'}{\tau} = \frac{2\pi a' U}{\lambda} .$$

x = Ablenkung eines Theilchens, x' = Ablenkung eines entfernten Theilchens, l = Entfernung der beiden Theilchen, u, u' = Schwingungsgeschwindigkeiten derselben, τ, λ = Schwingungszeit und Wellenlänge, a, a' = Amplituden.

20. Dioptrik und Katoptrik.

Brechungs- und Reflexionsgesetz.

$$\frac{\sin e}{\sin b} = \frac{u}{u'} = \frac{n'}{n} \qquad \lambda = \frac{1}{n}\lambda_0 \qquad r = i\,.$$

e, b = Einfalls- und Brechungswinkel, u, u' = Lichtgeschwindigkeit in beiden Medien, n, n' = Brechungsexponenten, λ_0, λ = Wellenlängen in denselben, r, i = Reflexions- und Einfallswinkel.

Sehwinkel.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{H \cdot \sin\beta}{D + H\cos\beta}\,.$$

α = Sehwinkel, H = Länge des Gegenstandes, β = Neigung gegen die Strahlen, D = Entfernung.

Lichtstärke der Beleuchtung.

$$i' = K\,q\,\frac{\sin\beta'}{r^2}\,.$$

i' = Intensität der Beleuchtung, K = Constante, q = das von der Flächeneinheit der Lichtquelle auf die Entfernung eins nach der Flächeneinheit ausgesandte Licht, β' = Neigungswinkel der beleuchteten Fläche, r = Entfernung derselben.

Beleuchtung durch eine Scheibe.

$$q = \pi\,i\,D^2\left(\frac{1}{D^2} - \frac{1}{D^2 + R^2}\right)\,.$$

q = Beleuchtung, D = Entfernung, R = Radius der Scheibe, i = die von der Flächeneinheit ausgesandte Lichtmenge.

Beleuchtung durch eine Kugel.

$$q = \pi\,i\,\frac{R^2}{D^2}\,.$$

i = Lichtintensität der Kugel, q = Beleuchtung, R, D = Radius und Entfernung der Kugel.

Brennpunkt eines Hohlspiegels.

$$z = \frac{x}{2}\,.$$

x = Radius, z = Entfernung des Brennpunktes vom Spiegel.

Bild eines Hohlspiegels.

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \qquad \frac{1}{l} - \frac{1}{L} = \frac{1}{F} \qquad h\,H = F^2\,.$$

D, d = Entfernung des Lichtpunktes bez. des Bildpunktes vom Spiegel, F = Brennweite, L, l = Entfernungen des Licht- und Bildpunktes vom Centrum, H, h = Entfernungen derselben vom Brennpunkt.

Convexer Spiegel.

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{D} + \frac{1}{d}\,.$$

Größe der Bilder.

$$h : H = d : D \qquad a : A = d^2 : D^2 \,.$$

H, h, A, a = Höhen bez. Flächen von Gegenstand und Bild, D, d = Entfernungen derselben vom Spiegel.

Helligkeit der Bilder.

$$q = K J \frac{B}{d^2} \,.$$

J = Intensität der Lichtquelle, q = Beleuchtung, K = Reflexionscoefficient, A, B = Flächen des Objekts und Spiegels, d = Bildentfernung vom Spiegel.

Krümmung des Bildes.

$$l'' - l' = \frac{L}{\cos\alpha} \cdot \left(\frac{R}{2\,L + R} - \frac{R\cos\alpha}{2\,L + R\cos\alpha} \right) \,.$$

l', l'' = Entfernungen der Mitte und des Randes des Bildes von der durch den Kugelmittelpunkt gelegten Ebene, α = Winkel des Strahles gegen die Achse, L = Mittelpunktsentfernung des Objektes, R = Radius des Spiegels.

Längenabweichung der Randstrahlen.

$$l = \frac{2\,R\,(D - R)^2\,(1 - \cos\gamma)}{(2\,D - R)\,(2\,(D - R)\cos\gamma + R)} \,.$$

l = Abstand der Vereinigungspunkte von Central- und Randstrahlen, R = Radius des Spiegels, γ = Winkel der Randstrahlen mit der Achse, D = Entfernung des Gegenstandes vom Spiegel.

Seitenabweichung der Randstrahlen.

$$\sigma = \frac{2\,R\,(D - R)^2 \sin\gamma\,(1 - \cos\gamma)}{(2\,D - R)\,(D - R)\cos 2\,\gamma + R\cos\gamma} \,.$$

σ = Entfernung von der Achse, in welcher die Randstrahlen einen im Abstande d aufgestellten Schirm treffen, R, D, γ = dieselben Größen wie zuvor.

Brechung ebener Flächen.

$$h = \frac{1}{n}\,H\,\frac{\cos b}{\cos e} \,.$$

H, h = wahre und scheinbare Tiefe eines Gegenstandes unter Wasser, e, b = Einfalls- und Brechungswinkel.

Brechung planparalleler Platten.

$$d = D \sin e \left(1 - \frac{1}{n} \frac{\cos e}{\cos b} \right) \,.$$

d = Verschiebung des Lichtstrahls, D = Dicke der Platte, e, b = Einfalls- und Brechungswinkel, n = Brechungsexponent.

Ablenkung durch Prismen.

$$a = e + b' - c \qquad \sin b = \frac{1}{n} \sin e \qquad e' = c - b \qquad \sin b' = n \cdot \sin e'$$

$$e_m = \tfrac{1}{2}\,(a + c) \qquad a_o = (n - 1)\,c \qquad e_s = a + c \,.$$

a = Gesammtablenkung, e, b = Einfalls- und Brechungswinkel beim Eintritt, $e'\, b'$ = Einfalls- und Brechungswinkel für den austretenden Strahl, n = Brechungsexponent, e_m = Einfallswinkel beim Minimum der Ablenkung, c = brechender Winkel,

a_0 = Ablenkung für ein sehr scharfes Prisma, e_s = Einfallswinkel, wenn der an der zweiten Fläche austretende Strahl auf dieser senkrecht sein soll.

Brechungsexponent von Mischungen.

$$P\frac{N-1}{D} = p\frac{n-1}{d} + p'\frac{n'-1}{d'}.$$

P, p, p' = Gewichte der Mischung und der beiden Bestandtheile, D, d, d' = Dichten derselben, N, n, n' = Brechungsexponenten.

Brechung der Gase.

$$\frac{n^2-1}{d} = \frac{n'^2-1}{d'}.$$

d, d' = Dichten in zwei verschiedenen Zuständen, n, n' = Brechungsexponenten.

Biconvexe Linse.

$$e = \frac{D+R}{R}\alpha \qquad e' = \frac{nD(R+R')-(D+R)R'}{nRR'}\alpha$$

$$b = \frac{D+R}{nR}\alpha \qquad b' = \frac{nD(R+R')-(D+R)R'}{RR'}\alpha$$

$$\beta' = \frac{(n-1)D-R}{nR}\alpha \qquad \beta = \frac{(n-1)D(R+R')-RR'}{RR'}\alpha$$

$$\delta = \frac{nDR}{(n-1)D-R} \qquad d = \frac{DRR'}{(n-1)D(R+R')-RR'}$$

$$\beta_1 = \frac{(n-1)(n(R+R')-(n-1)s)D+(n-1)SR-nRR'}{nRR'}$$

$$d_1 = \frac{(nR-(n-1)s)D+SR}{(n-1)(n(R+R')-(n-1)S)D+(n-1)SR-nRR'}.$$

e, b = Einfalls- und Brechungswinkel für die erste Fläche, RR' = Radien der ersten und zweiten Fläche, D = Entfernung des leuchtenden Punktes von der ersten Fläche, n = Brechungsexponent, α = Winkel des Strahls gegen die Achse vor der Brechung, e', b' = Einfalls- und Brechungswinkel an der zweiten Fläche, β = Winkel des austretenden Strahls mit der Achse, d = Entfernung des Punktes, wo er dieselbe trifft, von der zweiten Fläche, β', δ' = dieselben Größen, falls die zweite Fläche nicht vorhanden wäre, β_1, d_1 = dieselben Größen, wenn die Dicke der Linse nicht vernachlässigt werden darf, S = Dicke der Linse.

Conjugirte Punkte.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{D} + \frac{1}{d}.$$

F = Brennweite, D, d = Entfernungen des conjugirten Punktes von der Linse.

Zwei Linsen hintereinander.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{1}{D} + \frac{1}{d}.$$

F = Hauptbrennweite, F_1, F_2 = einfache Brennweiten, D, d = Entfernungen zweier conjugirten Punkte.

Bilder der Linsen.

$$h : H = d : D \qquad a : A = d^2 : D^2 .$$

H, h, A, a = Durchmesser bez. Flächen von Gegenstand und Bild, D, d = Entfernungen derselben von der Linse.

Helligkeit der Bilder.

$$q = K \cdot J \cdot \frac{B}{d^2} \qquad Q = K \cdot J \cdot \frac{\alpha}{\delta^2} .$$

B = Fläche der Linse senkrecht zur Achse, α = diejenige der Pupille, d, δ = Entfernung des Bildes und des Auges von letzterem, K = Constante, J = Lichtintensität des Gegenstandes, q, Q = Helligkeit des aufgefangenen und des direkt gesehenen Bildes.

Sphärische Abweichung.

$$d = d' - \lambda \qquad d' = \frac{D R R'}{(n-1) D (R + R') - R R'}$$

$$\lambda = - \frac{1}{2n} r^2 \frac{d'^2}{F} \left(a - b \frac{1}{D} + c \frac{1}{D^2} \right)$$

$$a = (2 + 2n^2 + n^3) \frac{1}{R^2} - (n + 2n^2 - 2n^3) \frac{1}{R R'} + n^3 \frac{1}{R'^2}$$

$$b = (4 + 2n - 3n^2) \frac{1}{R} - (n + 3) \frac{1}{R'}$$

$$c = 2 + 3n \qquad \sigma = \lambda \frac{r}{d'} \qquad \lambda_{,,} = \frac{l}{2n} r^2 F a \qquad \sigma_{,,} = \frac{1}{2n} r^3 a .$$

D = Entfernung des Lichtpunktes von der ersten Fläche, d = Entfernung des Bildpunktes, R, R' = Radien der beiden brechenden Flächen, λ = Längenabweichung der Linse, n = Brechungsexponent, σ = Seitenabweichung, $\lambda_{,,}$, $\sigma_{,,}$ = dieselben Größen für paralleles Licht ($D = \infty$).

Aplanatische Linsen.

$$\frac{R}{R'} = \frac{4 + n - 2n^2}{n + 2n^2} .$$

Brechung durch eine Kugelfläche.

$$\frac{F}{D} + \frac{f}{d} = 1 \qquad \frac{f}{L} + \frac{F}{l} = 1 \qquad - \frac{f}{G} = - \frac{g}{F}$$

$$\frac{B}{b} = - \frac{L}{l} \qquad n B \operatorname{tg} \alpha = n_1 b \operatorname{tg} a \qquad \frac{G}{\Delta} - \frac{g}{\delta} = 1 .$$

F, f = Abstände des ersten und zweiten Brennpunktes, D, d = Entfernungen des Licht- und Bildpunktes von der Fläche, L, l = Entfernungen derselben vom Mittelpunkte der Kugelfläche, G, g = Entfernungen derselben von den beiden Brennpunkten, B, b = Größen von Objekt und Bild, n, n_1 = Brechungsexponenten des ersten und zweiten Mediums, Δ, δ = Aenderungen von D, d bei Verschiebung des Objektes, a, α = Winkel des auffallenden und austretenden Strahls mit der Achse.

Brechung durch mehrere centrirte Kugelflächen.

$$\frac{G}{\Delta} + \frac{g}{\delta_1} = 1 \qquad n B \operatorname{tg} a = n' b \operatorname{tg} \alpha .$$

Δ, G = Abstände eines Objektes von einem zweiten und dem ersten Brennpunkte des Systems, δ, g = Abstände des einen Bildes vom andern und vom zweiten Hauptbrennpunkte, B, a = Größe des Objekts und Divergenzwinkel im ersten Medium, b, α = die entsprechenden Größen für das letzte Bild, n, n' = das erste und letzte Brechungsverhältnis.

Cardinalpunkte einer Linse.

$$c = \frac{R\,S}{n(R+R') - (n-1)\,S} \qquad c' = \frac{R'\,S}{n(R+R') - (n-1)\,S}$$

$$c = \frac{a\,R}{n\,R - (n-1)\,a} \qquad c' = \frac{a'\,R'}{n\,R' - (n-1)\,a'}$$

$$c = \frac{F_1\,S}{F_2 + f_1 - S} \qquad c' = \frac{f_2\,S}{F_2 + f_1 - S}$$

$$F = \frac{R\,(n\,R' - (n-1)\,S)}{(n-1)\,(n(R+R') - (n-1)\,S)} = \frac{(F_2 - f_2)\,F_1}{F_2 + f_1 - S}$$

$$f = \frac{R'\,(n\,R - (n-1)\,S)}{(n-1)(n(R+R') - (n-1)\,S)} = \frac{(f_1 - S)\,f_2}{F_2 + f_1 - S}$$

$$K = \frac{F_1\,F_2}{F_2 + f_1 - S} = \frac{n\,R\,R'}{(n-1)\,(n(R+R') - (n-1)\,S}$$

$$k = \frac{f_1\,f_2}{F_2 + f_1 - S} = \frac{n\,R\,R'}{(n-1)(n(R+R') - (n-1)\,S)}$$

$$a = \frac{f_1\,S}{F_1 + f_2} = \frac{R\,S}{R + R'} \qquad a' = \frac{F_2\,S}{F_1 + f_2} = \frac{R'\,S}{R + R'}\,.$$

c, c' = Entfernungen der Knotenpunkte von den entsprechenden Linsenflächen, R, R', S = Radien und Dicke der Linse, a, a' = Entfernungen des optischen Mittelpunktes von den beiden Kugelflächen, K, k = Entfernungen der Knotenpunkte von den Hauptbrennpunkten, $F_1 = \frac{R}{n-1}$ = Entfernung des ersten Hauptbrennpunktes der ersten Fläche von derselben, $f_1 = \frac{n\,R}{n-1}$ = Entfernung des zweiten Hauptbrennpunktes der ersten Fläche von derselben, $F_2 = \frac{n\,R'}{n-1}$, $f_2 = \frac{R'}{n-1}$ = dieselben Grössen für die zweite Fläche.

Chromatische Abweichungen.

$$F'' - F' = \frac{R\,R'}{R + R'} \cdot \frac{n' - n''}{(n-1)^2} = F\,p\,.$$

$$\sigma = \tfrac{1}{2}\,\frac{d\,p\,r}{F} \qquad \lambda = d'' - d = \frac{F'' - F')\,D^2}{(D - F')(D - F'')} = d^2\,\frac{p}{F}\,.$$

F', F'' = Brennweite für violett und roth, R, R' = Radien der Linse, n', n'' = Brechungsexponenten, n, F = Brechungsexponent und Brennweite für eine mittlere Farbe des Spectrums, σ = Seitenabweichung, λ = Längenabweichung, D, d = Entfernungen zweier conjugirten Punkte von der Linse, r = halbe Oeffnung der Linse, $p = \frac{n' - n''}{n-1}$ = Zerstreuungsverhältnis.

Achromatische Linsen.

$$F_1^2 \lambda_2 + F_2 \lambda_1 = 0 \qquad \frac{F_1}{F_2} = -\frac{p_1}{p_2}\,.$$

F_1, F_2 = Brennweiten der Crown- und Flintglaslinse, λ_1, λ_2 = Längenabweichungen, p_1, p_2 = Zerstreuungsverhältnisse.

Loupe.

$$m = \frac{W}{D} = \frac{F + W}{F}\,.$$

m = Vergrößerung, W = Sehweite, D = Distanz des Objektes, F = Brennweite.

Doppelloupe.

$$m = \frac{d}{D} = \frac{F_1 F_2}{F_1 F_2 - (F_1 + F_2) D}\,.$$

d, D = Entfernungen von Gegenstand und Bild, F_1, F_2 = Brennweiten.

Doppelloupe von Wollaston.

$$m = \frac{F_1 + D}{F_1} \cdot \frac{F_2 + W}{F_2} = \frac{(F_1 - S)(F_2 + W) + W F_2}{F_1 F_2}\,.$$

F_1, F_2 = Brennweiten der beiden Linsen, S = Entfernung beider Linsen, W = Sehweite, D = Distanz des Objekts.

Astronomisches Fernrohr.

$$L = \frac{F D}{D - F} + \frac{F' W}{W - F'} \qquad m = \frac{(W + F') F D}{(D - F) F' W}$$

$$L = (m + 1) D' \qquad \varphi = \frac{r'}{(m + 1) D'}$$

$$e = \frac{(d + D') F'}{d + D' - F}\,.$$

L = Länge des Fernrohrs, F, F' = Brennweite des Objektivs bez. des Oculars, W = Sehweite, r' = halbe Oeffnung des Oculars für das Gesichtsfeld, φ = Winkel des Gesichtsfeldes, e = Entfernung des Punktes, in welchem sich die aus dem Ocular austretenden Strahlen schneiden, von demselben.

Vereinfachte Formeln für das astronomische Fernrohr.

$$m = \frac{F}{F'} \qquad L = (m + 1) F' \qquad \varphi = \frac{r'}{(m + 1) F'} \qquad e = \frac{m + 1}{m} F'\,.$$

Helligkeit und Abweichungen beim astronomischen Fernrohr.

$$h = \frac{r^2}{m^2 \varrho^2} \qquad \alpha' = \left(\frac{d z}{D' F} + \frac{D' z'}{d F'}\right) r = m (m z + z') \frac{r'}{F}\,.$$

$$\alpha'' = \left(m^4 \frac{K}{F} + \frac{K'}{F'}\right) r'^3\,.$$

h = Helligkeit, ϱ = Radius der Pupille (0,6—1,5 mm), r = halbe Oeffnung des Objektivs (= 0,6. m —1,5. m mm), m = Vergrößerung, α'' = sphärische Abweichung, K, K' = Größen, die von D, R, R' und n abhängig sind, α' = chromatische Abweichung, z, z' = Größen der Zerstreuung für violettes und rothes Licht (= $n' - n''$) für Objektiv und Ocularlinse, D' = Entfernung des Bildes vom Ocular.

Galilei's Fernrohr.

$$L = d - D' \quad \text{annähernd} \quad = F - F'$$

$$\varphi = \frac{\varrho}{(m-1)D'} \quad \text{annähernd} \quad \frac{\varrho}{(m-1)F'} .$$

d, D' = Entfernung des Bildes vom Objektiv bez. vom Ocular, 2ϱ = Durchmesser der Pupille.

Terrestrisches Fernrohr.

$$L = d + D'' + d'' + D' \qquad m = \frac{d\,d''}{D''D'} .$$

d = Abstand des Objektivbildes vom Objektiv, D'' = Entfernung der Umkehrlinse davon, d'' = Entfernung derselben von dem neuen Bilde, D' = Abstand dieses neuen Bildes vom Ocular.

Mikroskop ohne Collectivlinse.

$$m = \frac{d\,W}{D\,D'} \qquad L = d + D' \qquad m = \frac{W+F'}{D-F} \cdot \frac{F}{F'}$$

$$L = \frac{DF}{D-F} + \frac{WF'}{W+F'} .$$

m = Vergrößerung, W = Sehweite, D, d = Distanz des Objektes bez. Bildes vom Objektiv, D' = Distanz des Bildes vom Ocular, L = Länge des Mikroskops, F, F' = Brennweite von Objektiv und Ocular.

Mikroskop mit Collectivlinse.

$$L = d - D'' + d'' - D \qquad m = \frac{FF''(W+F')}{F'(D-F)(D''+F'')} .$$

W = Sehweite, F'' = Brennweite der Collectivlinse ($F'' = 3\,F'$), d'', D'' = Entfernung der Collectivlinse von Ocular und Objektiv ($d'' + D' = 2\,F'$).

21. Interferenz und Beugung.

Interferenz.

$$u' = u'_0 \cos\varphi \qquad u'' = u_0 \cos(\varphi - \alpha) \qquad u = u_0 \cos(\varphi - \gamma)$$

$$u_0^2 = u'^2_0 + u''^2_0 + 2\,u'_0\,u''_0 \cos\alpha \qquad \operatorname{tg}\gamma = \frac{u''_0 \sin\alpha}{u'_0 + u''_0 \cos\alpha} .$$

u', u'' = gegebene Schwingungen, u = resultirende Schwingung.

Fresnel's Spiegel.

$$\varDelta = i\,\frac{\lambda}{2}\,\beta\,\varrho\,\frac{L}{L+L'} \qquad \varrho = i\,\frac{\lambda}{4\beta}\left(1 + \frac{L'}{L}\right) .$$

$\varDelta$ = Gangunterschied, i = ganze gerade Zahl für eine helle Linie, ungerade für eine dunkle, λ = Wellenlänge, 2β = Winkel der beiden reflektirten Strahlen, L = Entfernung der Ritze von der Kante der Spiegel, ϱ = Abstand von der Mitte der Erscheinung, L' = Abstand der Ebene der Erscheinung von der Kante der Spiegel.

Biprisma.

$$\varDelta = \frac{2n(n-1)\varrho\beta L}{n(L+L')+S} = i\frac{\lambda}{n} \qquad \varrho = i\frac{\lambda}{4(n-1)\beta}\left(1+\frac{L'}{L}+\frac{1}{n}\frac{S}{L}\right).$$

$\varDelta$ = Gangunterschied, i = gerade für helle, ungerade für dunkle Linien, L = Entfernung der Prismenkante von der Spalte, S = Prismendicke, L' = Entfernung der Prismenfläche vom Ort der Erscheinung, 2β = spitze Winkel des Prisma, n = Brechungsexponent, ϱ = Entfernung des Streifens vom Mittelpunkt.

Newton's Ringe.

$$d = R - \sqrt{R^2-\varrho^2} \qquad d' = \frac{1}{2}\frac{\varrho^2}{R}$$

$$\varDelta = 2d\frac{1-n\sin e\sin b}{\cos b} - \frac{1}{2}\lambda = i\frac{\lambda}{2}$$

$$d_s = (i+1)\frac{\lambda}{4} \qquad d_o = \frac{(i+1)\cos b}{1-n\sin e\sin b}\cdot\frac{\lambda}{4}.$$

d = Dicke der Luftschicht, R = Radius der Linse, ϱ = Radius des Ringes, d' = angenäherter Werth von d, $\varDelta$ = Gangunterschied, e, b = Einfalls- und Brechungswinkel, i = gerade oder ungerade Zahl, je nachdem hell oder dunkel, $d_s = d$ für senkrechte Incidenz, $d_o = d$ für schiefe Incidenz.

Jamin's Interferenzrefractor.

$$\varDelta = 2\gamma s\frac{\sin e\cos e}{\sqrt{n^2-\sin^2 e}} = i\frac{\lambda}{2} \qquad \mu = 1+\frac{i\lambda}{2l}.$$

$\varDelta$ = Gangunterschied, γ = Winkel der beiden Platten, s = Dicke derselben, e = Einfallswinkel, l = Länge des eingeschalteten Körpers, μ = Brechungsexponent desselben, i = Anzahl ganzer Wellen.

Interferenz bei bestäubten Spiegeln.

$$\varrho = L\sqrt{\left(i\lambda\frac{n}{(n+1)s}\right)}$$

$$\varDelta = \frac{1}{2}\varrho^2\frac{(1+n)s}{L(nL+(1+n)s)} = i\frac{\lambda}{2}.$$

ϱ = Radius des Ringes, L = Entfernung vom Diaphragma, s = Dicke des Glases, i = ganze Zahl.

Quetelet's Streifen.

$$\delta = \frac{n}{2s}\cdot\frac{L}{L+L'}\cdot\frac{\lambda}{\alpha}.$$

α = Winkel (Bogen) des einfallenden Strahles mit der Senkrechten, δ = Breite des Streifens, s = Spiegeldicke, L, L' = Entfernung des Lichtpunktes bez. Auges vom Spiegel.

Schwerd's Beugungserscheinungen.

$$\sin\alpha = i\frac{\lambda}{2d} \qquad J = \frac{1}{i^2}J_o$$

$$u = d\cdot\left(\frac{\sin(\pi d\sin\alpha\,\lambda^{-1})}{\pi d\sin\alpha\,\lambda^{-1}}\right) \qquad J' = d^2\left(\frac{\sin(\pi d\sin\alpha\,\lambda^{-1})}{\pi d\sin\beta\,\lambda^{-1}}\right)^2.$$

α = Winkel der Strahlen mit der Normalen zur Platte, i = gerade Zahl für dunkle, ungerade für helle Stellen, d = Breite der Oeffnung, J, J' = Lichtstärke, angenäherter und genauerer Werth, u = genauer Werth der Vibrationsintensität.

Stabgitter.

$$\sin\alpha = i_1 \cdot \frac{\lambda}{2d} \qquad \sin\alpha = i_2 \cdot \frac{\lambda}{2D}$$

$$J = \left(\frac{d}{D}\right)^2 \cdot J_o \cdot \left(m \frac{\sin(\pi d \sin\alpha\,\lambda^{-1})}{\pi d \sin\alpha\,\lambda^{-1}}\right)^2 \cdot \left(\frac{\sin(\pi m D \sin\alpha\,\lambda^{-1})}{\sin(\pi D \sin\alpha\,\lambda^{-1})}\right)^2 .$$

d = Breite der Oeffnungen, D = Breite von Oeffnung und Zwischenraum, α = Neigung der Strahlen, m = Anzahl der Oeffnungen, i_1 = ganze Zahl. Ist dieselbe gerade, so entspricht α einer Richtung, für welche das Licht aller Oeffnungen einzeln verschwindet, wenn ungerade, eine solche, für welche ein Maximum eintritt, i_2 = ganze Zahl. Ist sie ungerade, so heben die Strahlen der zweiten Oeffnung die der ersten auf, die der vierten die der dritten u. s. w.

Runde Oeffnung und runder Schirm.

$$J_o = 4\,\frac{\lambda^2 u_o^2}{(L+L')^2} \qquad J_s = \frac{\lambda^2 u_o^2}{(L+L')^2} .$$

r = Radius der runden Oeffnung, J_o, J_s = Intensität im Centrum für eine runde Oeffnung, resp. einen runden Schirm, L = Entfernung des Lichtpunktes von der Oeffnung, L' = Entfernung der Oeffnung von der Bildfläche, u_o = Amplitude des auffallenden Lichtes.

22. Polarisation und Doppelbrechung.

Polarisationswinkel.

$$\frac{\sin e}{\sin b} = n = \operatorname{tg} p .$$

p = Polarisationswinkel, n = Brechungsexponent, e = Einfallswinkel (= p) b = Brechungswinkel (= 90 — p).

Zur Einfallsebene senkrechte Schwingungen.

$$J'_s = \frac{\sin 2e \sin 2b}{\sin^2(e+b)} J_s \qquad J''_s = \frac{\sin^2(e-b)}{\sin^2(e+b)} J_s .$$

J_s, J'_s, J''_s = Intensitäten des einfallenden, gebrochenen und reflektirten Strahles.

Zur Einfallsebene parallele Schwingungen.

$$J'_p = \frac{\sin 2e \sin 2b}{\sin^2(e+b)\cos^2(e-b)} J_p \qquad J''_p = \frac{\operatorname{tg}^2(e-b)}{\operatorname{tg}^2(e+b)} J_p .$$

J_p, J'_p, J''_p = Intensitäten des einfallenden, gebrochenen und reflektirten Lichts.

Glassäule.

$$J_r = \frac{2mK}{1+(2m-1)K} J \qquad J_d = \frac{1-K}{1+(2m-1)K} J$$

$$K_s = \frac{\sin^2(e-b)}{\sin^2(e+b)} \qquad K_p = \frac{\operatorname{tg}^2(e-b)}{\operatorname{tg}^2(e+b)} .$$

m = Anzahl der Platten, $K = K_s$ oder K_p, je nachdem die Schwingungen zur Einfallsebene senkrecht oder dazu parallel sind, J_r, J_d, J = Intensitäten des reflektirten, durchgehenden und ursprünglichen Lichtes.

Elliptische Polarisation.

$$x = x_o \sin \varphi \qquad y = y_o \sin(\psi - \alpha) \qquad \operatorname{tg} 2\varphi = \frac{x_o y_o \cos \alpha}{x_o^2 - y_o^2}$$

$$A^2 = \frac{x_o^2 y_o^2 \sin^2 \alpha}{x_o^2 \sin^2 \varphi + y_o^2 \cos^2 \varphi - 2 x_o y_o \sin \varphi \cos \varphi \cos \alpha}$$

$$B^2 = \frac{x_o^2 y_o^2 \sin \alpha}{x_o^2 \cos^2 \varphi + y_o^2 \sin^2 \varphi + 2 x_o y_o \sin \varphi \cos \varphi \cos \alpha}.$$

x, y = gegebene, zu einander senkrechte Schwingungen, α = Phasendifferenz der zweiten gegen die erste, φ = Winkel zwischen x und A, A, B = Halbachsen der Ellipse.

Totalreflexion.

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \alpha = \frac{n \sin^2 e}{\cos e \sqrt{(n^2 \sin e - 1)}}.$$

α = Phasendifferenz, welche bei der Totalreflexion entsteht zwischen der senkrecht und parallel zur Einfallsebene schwingenden Componente des einfallenden Strahls.

Polarisation in Krystallen.

$$J_e = J \cos^2 \varphi \qquad J_o = J \sin^2 \varphi.$$

J = Helligkeit des einfallenden Strahls, J_e, J_o = Helligkeiten des extraordinären und ordinären Strahls, d. h. des im resp. senkrecht zum Hauptschnitt schwingenden, φ = Azimuth des Hauptschnittes mit der ursprünglichen Schwingungsrichtung.

Rotationspolarisation.

$$\alpha = \frac{K}{\lambda_o^2} D \qquad \alpha' = \frac{K}{\lambda_o^2} D \frac{S}{S_o} \frac{p}{p + \omega}.$$

α = Drehung der Polarisationsebene, D = Dicke der Platte, λ_o = Wellenlänge im Vacuum, K = Rotationscoefficient, α' = Drehung der Polarisationsebene durch die Mischung, S_o = spec. Gewicht der aktiven Substanz, p = Gewicht derselben, ω = Gewicht der inaktiven, S = spec. Gewicht der Mischung, K = Rotationscoefficient.

Optische Achsen.

$$tg\, \Theta = \sqrt{\frac{n_3^2 - n_2^2}{n_2^2 - n_1^2}} \qquad \operatorname{tg} \Theta' = \frac{n_1}{n_3} \sqrt{\frac{n_3^2 - n_2^2}{n_2^2 - n_1^2}}.$$

Θ = Winkel der optischen Achsen, Θ' = Winkel zwischen den Normalen der einfachen Hauptwelle.

Innere conische Refraction.

$$\operatorname{tg} \delta_o = \frac{1}{\alpha \gamma} \sqrt{(\alpha^2 - \beta^2)(\beta^2 - \gamma^2)}.$$

δ_o = Oeffnung des Kegels, α, β, γ = Hauptbrechungsquotienten.

Aeußere conische Refraction.

$$\sin \vartheta = \frac{1}{\beta} \sqrt{(\alpha^2 - \beta^2)(\beta^2 - \gamma^2) + \beta^4}.$$

ϑ = Oeffnung des austretenden Strahlenkegels.

Retardirende Blättchen.

$$g = (n'' - n') \frac{D}{\lambda_o} .$$

g = Gangunterschied, n'', n' = Brechungsexponenten, D = Dicke des Blättchens, λ_o = Wellenlänge im Vacuum.

23. Absorption und Emission.

Absorption des Lichtes.

$$J = J_o \cdot A^D .$$

D = Dicke der Schicht, A = Absorptionscoefficient, J, J_o = Lichtintensität vor und nach der Absorption.

Phosphorescenz.

$$J = J_o e^{-at} .$$

t = Zeit nach der Bestrahlung, J, J_o = Intensitäten später und zu Anfang, a = Abnahmecoefficient.

Newton's Erkältungsgesetz.

$$z = \frac{m}{h} \log \frac{\tau'}{\tau} \qquad \tau = \tau' e^{-hz} .$$

z = Zeit, $m = 2{,}302505$ $e = 2{,}718282$, h = Coefficient, τ, τ' = End- und Anfangstemperatur.

24. Wärme.

Mechanisches Wärmeäquivalent.

$$W = 425{,}5\, p\, s .$$

W = Wärmemenge, p, s = Kraft und Wegstrecke des Angriffspunktes von der Richtung der Kraft.

Mariotte-Gay Lussac's Gesetz.

$$\frac{p\,v}{\tau} = \frac{p_o\,v_o}{\tau_o} \qquad \tau = 273 + t .$$

p, v = Druck und Volum des Gases, τ, t = absolute und gewöhnliche Celsius-sche Temperatur, p_o, v_o, τ_o = dieselben Größen im Anfangszustand.

Spec. Wärmen und Elasticität der Gase.

$$c_p = c_v + \frac{R}{425} \qquad R = \frac{p\,v}{\tau} \qquad \frac{dp}{d\varrho} = \frac{c_p}{c_v} \cdot \frac{p}{\varrho} .$$

c_p, c_v = spec. Wärme bei constantem Druck bez. Volum, p, v, τ = Druck, Volum und absolute Temperatur, ϱ = Dichte. $\left(\frac{dp}{d\varrho} = \text{Elasticität}\right)$.

Erwärmung eines Gases.

$$Q_1 = \frac{c_p}{R} p_1 (v - v_1) \qquad R = \frac{p\,v}{\tau} \qquad Q_2 = p_1 v_1 \log \frac{v}{v_1} .$$

Q_1 = Wärmeverbrauch, wenn das Gas bei constantem Drucke sein Volumen ändert, Q_2 = Wärmeverbrauch, wenn die Volumänderung bei constanter Temperatur erfolgt, v_1, v = anfängliches und späteres Volum, p, τ = Druck und Temperatur zu Anfang.

Adiabatische (isentropische) Zustandsänderung eines Gases.

$$\frac{\tau}{\tau_1} = \left(\frac{v_1}{v}\right)^{k-1} = \left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{1}{k}-1} \qquad \frac{p}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v}\right)^k.$$

$k = \frac{c_p}{c_v}$ = Verhältnis der beiden specifischen Wärmen, p, v, τ, p_1, v_1, τ_1 = Druck, Volum und absolute Temperatur zu Anfang bez. zu Ende.

Aeußere Arbeit eines Gases.

$$W_1 = p_1 (v_2 - v_1) \qquad W_2 = p_1 v_1 \log \frac{v_2}{v_1}$$

$$W_3 = \frac{p_1 v_1}{k-1}\left(1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1}\right).$$

W_1 = Arbeit bei Ausdehnung unter normalem Druck, W_2 = Arbeit bei Ausdehnung unter constanter Temperatur, W_3 = Arbeit bei Ausdehnung ohne Wärmezufuhr oder -abgabe.

Umkehrbare Kreisprocesse.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\tau_1}{\tau_2} \qquad \sum \frac{Q}{\tau} = 0.$$

Q_1, Q_2 = aufgenommene und abgegebene Wärme, τ_1, τ_2 = absolute Temperaturen, bei welchen die Wärmeaufnahme resp. -abgabe stattfand, $\sum \frac{Q}{\tau}$ = Summe der aufgenommenen und abgegebenen Wärmemengen (letztere neg. gerechnet), dividirt durch die entsprechenden absoluten Temperaturen.

Gesättigter Dampf.

$$s = \frac{r}{A\tau \frac{dp}{d\tau}} + \sigma.$$

s, σ = specifisches Volum des Dampfes bez. der Flüssigkeit, r = latente Verdampfungswärme, $A = \frac{1}{425}$, p, τ = Dampfspannung und absolute Temperatur.

Specifische Wärmen und Compressibilität.

$$c_v = c_p - A\tau \left(\frac{dv}{d\tau}\right)_p \cdot \left(\frac{dp}{d\tau}\right)_v = c_p + A\tau \frac{\left(\frac{dv}{d\tau}\right)_p^2}{\left(\frac{dv}{dp}\right)_\tau}.$$

c_v, c_p = specifische Wärme bei constantem Volum resp. Druck, τ = absolute Temperatur, $\left(\frac{dv}{d\tau}\right)_p$ = cubischer Ausdehnungscoefficient bei constantem Druck, $\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_v$ = Druckzunahme, wenn bei constantem Volum um 1° erwärmt wird, $\left(\frac{dv}{dp}\right)_\tau$ = Compressibilität (negativ genommen).

Erwärmung durch Compression.

$$\left(\frac{d\tau}{dp}\right)_Q = \frac{A\,\tau\, v_0\, \alpha}{c_p}\,.$$

$\left(\frac{d\tau}{dp}\right)_Q$ = Temperaturzunahme bei Erhöhung des Druckes um eine Einheit, wenn weder Wärme zu- noch fortgeführt wird, τ = absolute Temperatur, $A = \frac{1}{425}$, v_0 = Volumen der Gewichtseinheit, α = cubischer Ausdehnungscoefficient, c_p = specifische Wärme bei constantem Druck.

Aenderung des Schmelzpunktes durch Druck.

$$\frac{d\tau}{dp} = \frac{A\,u\,\tau}{r}\,.$$

$\frac{d\tau}{dp}$ = Aenderung des Schmelzpunktes bei Zunahme des Druckes um eine Einheit, τ = Schmelztemperatur (absolut), $A = \frac{1}{425}$, u = Differenz der specifischen Volumina des flüssigen und festen Körpers, r = latente Schmelzwärme.

Ausströmung von Gasen durch eine Oeffnung in dünner Wand.

$$v_1^2 = 2\,\frac{P\,\tau}{D\,\tau_0}\,\log\text{nat}\,\frac{p_0}{p_1}\,.$$

v_1 = Ausströmungsgeschwindigkeit, P = Normaldruck, τ_0 = Normaltemperatur (absolut), p_0 = Druck im Behälter, p_1 = Druck an der Oeffnung, D = Dichte im Normalzustand, τ = absolute Temperatur.

Gesetz der Effusion der Gase.

$$\Omega_1 : \Omega_2 = \sqrt{\varrho_1} : \sqrt{\varrho_2}\,.$$

Ω_1, Ω_2 = Ausströmungsgeschwindigkeiten zweier verschiedenen Gase für eine kleine Oeffnung in dünner Wand, ϱ_1, ϱ_2 = Dichten der Gase.

Reaction ausströmenden Gases.

$$R = \frac{2\,p_1\,q_1}{1 - \left(\frac{p_1\,q_1}{p_0\,q_0}\right)^2}\,\log\text{nat}\,\frac{p_0}{p_1}\,.$$

q_0, q_1 = Querschnitt des Gefäßes bez. der Oeffnung, p_0, p_1 = Druck im Behälter und an der Oeffnung, R = Reaction.

Transpiration (Poiseuille's Gesetz).

$$W_0 = \pi\,\frac{p_1 - p_2}{8\,\eta\,l}\,R^4\,t\,.$$

W_0 = Ausflussmenge, R, l = Radius und Länge des Capillarrohres, t = Ausflusszeit, $p_1 - p_2$ = Druckdifferenz, η = Reibungscoefficient (= $0{,}0001878\,\frac{\tau}{273}$ in C.-G.-S.-System).

Zuggeschwindigkeit in einem Kamin.

$$v = \sqrt{2\,g\,h\left(\frac{\tau_2}{\tau_1} - 1\right)}\,.$$

v = Ausströmungsgeschwindigkeit, g = Fallbeschleunigung, h = Höhe des Kamins, τ_2, τ_1 = Temperatur innen und außen.

Ausfluss der Luft.

$$v = \sqrt{2 g \frac{p_1}{\gamma_1} \frac{k}{k-1} \left(1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)}.$$

p, p_1 = äußerer und innerer Druck, γ_1 = Dichtigkeit der innern Luft, $k = \frac{c_p}{c_v}$ = Verhältnis der specifischen Wärmen.

Ausflussquantum.

$$Q_1 = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{1}{k}} F v \qquad Q = \left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} F v.$$

F = Querschnitt der Oeffnung, Q_1, Q = Ausflussquantum, gemessen unter dem inneren, resp. äußeren Druck, p, p_1, k, v = dieselben Größen wie zuvor.

Ausflussmenge von Gebläsewind.

$$Q = \mu F \sqrt{2 g \frac{p_1}{\gamma_1} \frac{h}{b}} = 365 \mu F \sqrt{(1 + \delta \tau) \frac{h}{b}}.$$

Q = Ausflussmenge (cbm.), F = Querschnitt der Oeffnung, μ = Ausströmungscoefficient, b = äußerer Barometerstand, h = innerer Manometerstand, τ = Temperatur der inneren Luft, $\delta = 0{,}00367$, p_1 = innerer Druck $= b + h$, γ_1 = Dichtigkeit der inneren Luft.

Druckhöhenverlust in Windleitungen.

$$h - h_1 = 0{,}025 \frac{l}{d} \left(\frac{d_1}{d}\right)^4 \frac{v_1^2}{2 g \varepsilon}.$$

$$h_o - h = (1 + \zeta_o) \left(\frac{d_1}{d}\right)^4 \frac{v_1^2}{2 g \varepsilon}.$$

h, h_1, h_o = Manometerstände am Anfang und Ende der Windleitung und im Behälter, l, d = Länge und Durchmesser des Rohres, d_1 = Durchmesser der Ausmündung, $v_1 = v \left(\frac{d}{d_1}\right)^2$ = Ausströmungsgeschwindigkeit, v = mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Rohr, g = Fallbeschleunigung, $\varepsilon = \frac{p_1}{\gamma_1 b} = \frac{p}{\gamma b}$ = Verhältnis der Dichtigkeit der Manometerfüllung zu der der äußeren Luft, ζ_o = Widerstandscoefficient $\left(\frac{1}{\mu^2} - 1\right)$.

Ausflussquantum bei Windleitungen.

$$Q = 395 F \sqrt{\frac{(1 + 0{,}004 \tau) \frac{h_1}{b}}{1 + \zeta_1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^4 \left(\frac{b}{b + h_1}\right)^{\frac{10}{7}}}}$$

$$Q' = 402{,}7 F \sqrt{\frac{\frac{h_o}{b}}{b\left(1{,}18 + 0{,}025 \frac{l}{d} \left(\frac{d_1}{d}\right)^4\right)}}.$$

Q = Ausflussquantum, Q' = vereinfachter Ausdruck für Q für $\tau = 10^\circ$, $\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1$ = Widerstandscoefficient des Ausmündungsstücks. Die übrigen Buchstaben haben gleiche Bedeutung wie zuvor.

Vollkommene thermodynamische Maschine.

$$L = 425\,(Q_1 - Q_2) = 425\,\frac{Q_1}{\tau_1}(\tau_1 - \tau_2) = 425\,\frac{Q_2}{\tau_2}(\tau_1 - \tau_2)\,.$$

L = Arbeit in Kilogrammometern, Q_1, Q_2 = aufgenommene und abgegebene Wärmemenge, τ_1, τ_2 = Temperatur der Wärmeaufnahme und -abgabe (absolut).

Vollkommene Dampfmaschine.

$$A\,L = M\left(\frac{x_2 r_2}{\tau_2}(\tau_2 - \tau_1) + q_2 - q_1 - \tau_1 (T_2 - T_1)\right).$$

L = Arbeit in kgm, $A = \frac{1}{425}$, M = nöthige Menge von Wasser und Dampf, x_2 = specifische Dampfmenge (d. h. $x_2 M$ kg sind Dampf, $(1 - x_2) M$ sind Wasser), r_2 = latente Verdampfungswärme, τ_2, τ_1 = absolute Temperaturen von Kessel und Condensator, $q_2 - q_1$ = Differenz der Flüssigkeitswärme, d. h. Wärmemenge, welche nöthig ist, 1 Kilogr. Wasser von τ_1 auf τ_2 zu erwärmen, $T = \int_0^\tau \frac{dq}{\tau} = 2{,}431889 \times \log\frac{\tau}{273} - 0{,}0002057\,\tau + 0{,}00000045\,\tau^2$ (τ = absolute Temperatur).

Gewöhnliche Dampfmaschine.

$$N_e = \frac{F\,s\,n}{30}\;\frac{p_m - f}{75\,(1 + \delta)} \qquad N_i = \frac{F\,s\,n}{30}\;\frac{p_m}{75}\,.$$

N_e, N_i = effektive und indicirte Arbeit in Pferdestärken, F = Kolbenfläche in qm, s = Kolbenweg (Hub) in m, n = Anzahl der Umdrehungen pro Minute, p_m = mittlerer, constant auf den Dampfkolben wirkender Ueberdruck, f = constanter Reibungswiderstand in kg pro qm $\left(= \frac{421}{d}\right)$, d = Kolbendurchmesser, δ = Verhältnis der variabeln Reibungswiderstände (0,14), $p_m = kp_2 - p_1$, p_2 = Admissionsdruck, p_1 = Druck im Condensator (in kg pro qm), $k = \varepsilon + \frac{\varepsilon + \varepsilon_o}{\mu - 1}\left(1 - \left(\frac{\varepsilon - \varepsilon_o}{1 + \varepsilon_o}\right)^{\mu - 1}\right)$, $\varepsilon_o = \frac{s_o}{s}$, $\varepsilon_1 = \frac{s_1}{s}$, s_o = Länge des auf den Kolbenquerschnitt reducirten schädlichen Raumes, s_1 = Kolbenweg während der Admission (in m), $\mu = 1{,}125$ = Exponent der Näherungsgleichung der adiabatischen Curve für gesättigte Dämpfe ($p v^\mu$ = const.), $p_2 = 0{,}8 \cdot p$ bis $0{,}95 \cdot p$, p = Dampfdruck im Kessel.

Druck eines Gasgemisches (Dalton's Gesetz).

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \ldots$$

p = Gesammtdruck, p_1, p_2, p_3 ... = Partialdrucke der einzelnen Gase.

Ausdehnung fester und flüssiger Körper.

$$L = L_o\,(1 + \alpha\,t) \qquad V = V_o\,(1 + \gamma\,t)\,.$$

L_0, V_0 = anfängliche Länge, resp. Volumen, L, V = Länge, resp. Volumen nach der Erwärmung, t = Temperaturerhöhung, α, γ = linearer resp. cubischer Ausdehnungscoefficient ($\gamma = 3\,\alpha$ annähernd).

Mischung verschieden warmer Substanzen.

$$T = \frac{C\,P\,t + C'\,P'\,t'}{C\,P + C\,P'} .$$

T = Temperatur der Mischung, t, t' = Temperaturen der gemischten Stoffe, C, C' = specifische Wärmen derselben, P, P' = Gewichte der beiden Stoffe.

Specifische Wärme fester Körper.

$$A \cdot C = \text{const}\ (= 6{,}4) \qquad A'\,C' = n_1\,a_1\,c_1 + n_2\,a_2\,c_2 .$$

A = chemisches Atomgewicht eines einfachen Körpers, C = specifische Wärme desselben, A', C' = Summe der Atomgewichte der Bestandtheile und specifische Wärme für einen zusammengesetzten Körper, a_1, a_2 = Atomgewichte der Bestandtheile, n_1, n_2 = Zahl der in der Verbindung enthaltenen Atome, c_1, c_2 = specifische Wärme der Bestandtheile.

Specifische Wärme der Lösungen.

$$\frac{A\,C}{m_1 + n \cdot m_2} = \text{const}\ (= 6{,}4) .$$

A = Molekulargewicht der Mischung $= m_1\,a_1 + n \cdot m_2\,a_2$, a_1, a_2 = Molekulargewichte der Bestandtheile, m_1, m_2 = Anzahl der Atome (verschiedener Art), aus denen die Bestandtheile zusammengesetzt sind, n = Anzahl der Moleküle des zweiten Stoffes (Lösungsmittel), welche auf ein Molekül des ersten (des gelösten Körpers) kommen, C = specifische Wärme der Mischung.

Wärmeleitung in einem Stabe.

$$t = A\,e^{\gamma x} + B\,e^{-\gamma x} \qquad t' = \frac{k_1}{k_1 + l\gamma}\,T\,e^{-\gamma x}$$

$$A = -\frac{k_1\,T}{k_1 - l\,\gamma} = \frac{a\,e^{-2\gamma L}}{1 - a\,e^{-2\gamma L}}$$

$$B = \frac{k_1\,T}{k_1 + l\gamma} = \frac{1}{1 - a\,e^{-2\gamma L}} .$$

t = Temperaturüberschuss über die Umgebung, x = Entfernung vom Anfang des Stabes, $\gamma = \sqrt{\frac{k\,U}{l\,O}}$, O = Querschnitt des Stabes, U = Umfang desselben, L = Länge, l, k = innere und äußere Wärmeleitung, t_1 = Temperaturüberschuss über die Umgebung am Anfang, t_2 = dieselbe am Ende, T = Temperatur des Raumes am Anfang, $k_1 \cdot O \cdot (T - t_1)$ = Gesetz der Wärmemittheilung am Anfang, $k_2 \cdot O \cdot t_2$ = Gesetz der Wärmemittheilung am Ende, t' = Werth von t für einen unendlich langen Stab.

Durchgang der Wärme durch eine Wand.

$$Q = \frac{l \cdot O \cdot (t - t')}{D + \left(\frac{1}{K} + \frac{1}{K_1}\right) l} .$$

Q = Wärmestrom, O = Flächengröße der Wand, D = Dicke derselben, K, K_1 = äußere Wärmeleitung an der Eintritts- und Austrittsfläche, l = innere Wärmeleitung, t, t' = Temperaturen zu beiden Seiten.

Erkalten einer Kugel.

$$t = T\,e^{-\gamma z} \qquad \gamma = \frac{3\,K}{C\,S\,R}\,.$$

t = Temperatur, z = Zeit, T = Anfangstemperatur, K = äußere Wärmeleitung, C, S = specifische Wärme und specifisches Gewicht, R = Radius der Kugel.

Wärmeerzeugung durch Elektricität.

$$W = c\,E\,J = c\,R\,J^2.$$

W = Wärmemenge, J = Stromintensität, R = Widerstand, E = Potentialdifferenz zwischen den Enden von R.

Erhitzung von Leitungsdrähten.

$$t = q_0\,J^2\,\frac{K}{\pi^2\,c\,r^4}\,.$$

t = Temperatur, r = Radius des Querschnitts, J = Stromintensität, K = specifischer Widerstand, q_0 = Constante, c = relative Wärme, d. h. specifische Wärme multiplicirt mit specifischem Gewicht.

Glühen von Leitungsdrähten.

$$\frac{J}{J'} = \frac{r}{r'}\,.$$

J, J' = Stromintensitäten für einen bestimmten Grad des Glühens, r, r' = Radien der Drähte.

Das absolute Mafssystem.

Grundeinheiten.

C.-G.-S.-System (Centimeter-, Gramm-, Secunde-System).

Längeneinheit = 1 Centimeter. Masseneinheit = 1 Gramm. Zeiteinheit = 1 Secunde.

H.-U.-S.-System (Hebdomometer-, Undecimogramm-, Secunde-System).

Längeneinheit = 10^7 Meter. Masseneinheit = $\frac{1}{10^{11}}$ Gramm. Zeiteinheit = 1 Secunde.

Abgeleitete Einheiten.

Flächeneinheit ist das Quadrat der Längeneinheit. Dimension L^2.

Volumeinheit ist der Cubus der Längeneinheit. Dimension L^3.

Geschwindigkeitseinheit ist der in einer Secunde zurückgelegte Weg bei gleichförmiger Bewegung. Dimensionen $\frac{L}{T}$.

Beschleunigungseinheit ist der in einer Secunde erhaltene Zuwachs an Geschwindigkeit. Dimensionen $\frac{L}{T^2}$.

Krafteinheit ist diejenige Kraft, die der Einheit der Masse die Beschleunigung eins ertheilt. Dimensionen $\frac{ML}{T^2}$.

(1 Kilogramm = 981 000 Einheiten des C.-G.-S.-Systems (Dyn, Dyne)).
(1 » = 981.10^5 » » H.-U.-S.-Systems.)

Arbeitseinheit ist diejenige Arbeit, bei welcher die Krafteinheit ihren Angriffspunkt um die Längeneinheit bewegt. Dimensionen $\frac{ML^2}{T^2}$.

(1 Kilogrammometer = 98 100 000 Einheiten des C.-G.-S.-Systems (Erg.)).
(1 » = 981 » » H.-U.-S.-Systems.)

Effekteinheit ist diejenige, bei welcher die Einheit der Arbeit in der Einheit der Zeit geleistet wird. Dimensionen $\frac{ML^2}{T^3}$.

(Eine Pferdekraft = 75 Kilogrammometer pro Secunde = 736.10^7 Einheiten des C.-G.-S.-Systems).

Einheit des Magnetismus ist diejenige Menge Magnetismus, welche auf eine gleiche in der Entfernung 1 die Kraft 1 ausübt. Dimensionen $\frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}}}{T}$.

Einheit der Stromstärke in elektromagnetischem Maß ist diejenige, welche, wenn sie in einem Leiterelement von der Längeneinheit herrscht, auf die Einheit des Magnetismus in der Entfernung eins die Krafteinheit ausübt. Dimensionen $\frac{L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}$.

(1 Amper (Ampère) = 0,1 Einheit des C.-G.-S.-Systems.)
(1 » » = 1 » » H.-U.-S.-Systems.)
(1 » » = 10,5 ccm Knallgas bei 0° und 760 mm in 1 Minute = 19,69 mg Kupfer in 1 Min. = 67,1 mg Silber in 1 Min. = 10,5 Einheiten Jakobi.)

Einheit der Stromstärke in elektrostatischem Maß ist die in der Zeit 1 durch den Querschnitt 1 hindurchfließende Elektricitätsmenge. Dimensionen $\frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}}}{T^2}$.

Einheit der Elektricitätsmenge in elektromagnetischem Maß ist diejenige Elektricitätsmenge, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt 1 fließend die Intensität J erzeugt. Dimensionen $L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}$.

(1 Culom (Coulomb) = 0,1 Einheit des C.-G.-S.-Systems.)
(1 » » = 1 » » H.-U.-S.-Systems.)

Einheit der Elektricitätsmenge in elektrostatischem Maß ist diejenige, welche auf eine gleiche in der Entfernung eins befindliche die Krafteinheit ausübt. Dimensionen $\frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}}}{T}$.

Einheit der elektromotorischen Kraft in elektromagnetischem Maß ist diejenige, welche, wenn sie einen Strom von der Stärke 1 durch einen Stromkreis treibt, die Einheit des Effekts erzeugt. Dimensionen $\frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}}}{T^2}$.

(1 Volt = 10^8 Einheiten des C.-G.-S.-Systems.)
(1 » = 1 » » H.-U.-S.-Systems.)
(1 » = 0,893 Daniell.)

Einheit des Potentials in elektromagnetischem Maß ist ebenso dasjenige, welches auf die Einheit der Elektricitätsmenge wirkend, die Arbeitseinheit hervorbringt.

Einheit des Potentials in elektrostatischem Maß ist ebenfalls dasjenige, welches auf die Elektricitätseinheit wirkend, die Arbeitseinheit hervorbringt. Dimensionen $\frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}}{T}$.

Einheit des Widerstandes in elektromagnetischem Maß ist derjenige Widerstand, in welchem die Einheit der elektromotorischen Kraft die Einheit der Stromstärke erzeugt. Dimensionen $\frac{L}{T}$.

(1 Ohm = 10^9 Einheiten des C.-G.-S.-Systems.)
(1 » = 1 » » H.-U.-S.-Systems.)
(1 » = 1,0615 Siemenseinheiten = 0,0176 Meilen (7500 m) deutscher Telegraphendraht (Eisendraht von 4 mm Dicke) = 0,106 Meilen (7500 m) franz. Telegraphendraht (Eisendraht von 7 mm Dicke) = 1,590 Jacobi, d. h. Kupferdraht von 7,620 m Länge und 22,493 g Gewicht.

Einheit des Widerstandes in elektrostatischem Maß ist ebenfalls diejenige, in welcher die Einheit der elektromotorischen Kraft die Einheit der Stromstärke erzeugt. Dimensionen $\frac{T}{L}$.

Einheit der Capacität in elektromagnetischem Maß ist derjenige Leiter, welcher bei der Einheit des Potentials die Einheit der Elektricitätsmenge enthält. Dimensionen $\frac{T^2}{L}$.

(1 Farad = $\frac{1}{10^9}$ Einheiten des C.-G.-S.-Systems).
(1 » = 1 » » H.-U.-S.-Systems).

Einheit der Capacität in elektrostatischem Maß. Definition ebenso. Dimension L.

Einheiten für Wärme und Licht.

Einheit der Temperatur ist 1 Centigrad (Grad Celsius), d. h. der hundertste Theil der Temperaturdifferenz zwischen Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers bei 760 mm Barometerstand.

Wärmeeinheit ist eine Calorie (c), d. h. die Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 kg Wasser von 0° auf 1° C. zu erwärmen. Diese Wärmeeinheit entspricht einer mechanischen Arbeit von 425,5 mkg.

Eine Gramm-Calorie ist = 0,001 c., d. h. die Wärmemenge, welche 1 g Wasser von 0° auf 1° C. erwärmt. Ihr entspricht die Arbeit von 0,4255 mk, welche = 41 751 550 Erg. ist. Wird diese Arbeit oder die ihr äquivalente Wärme in einer Secunde verrichtet oder entwickelt, so entspricht ihr der Effekt von 4,1751 Voltamper.

Als Lichteinheit dient in Deutschland die »Vereinskerze« (Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und 50 mm Flammenhöhe, deren Docht aus 24 Baumwollfäden geflochten ist und im trockenen Zustande pro Meter 0,668 g wiegt) und die »Münchener Kerze« (Stearinkerze, welche bei einer Flammenhöhe von 52 mm 10,2—10,6 g Stearin verzehrt, welch letzteres 76 bis 76,6 % Kohlenstoff enthalten soll). In Frankreich zählt man nach Carcelbrennern und versteht darunter eine Flamme von 40 mm Höhe, die mit Hülfe eines Dochtes von 30 mm Durchmesser durch Verbrennen von 42 g gereinigten Rüböls erhalten wird. In England gilt eine Spermacetikerze, welche bei einer Flamme von 45 mm Höhe 7,77 g pro Stunde verbrennt, als Lichteinheit. Die numerischen Beziehungen zwischen diesen Lichteinheiten sind folgende:

1,0 Carcelb.	= 7,435 Spermacetik.	= 7,607 Vereinsk.	= 6,743 Münchener K.
0,134 »	= 1,0 »	= 1,023 »	= 0,907 »
0,132 »	= 0,977 »	= 1,0 »	= 0,987 »
0,148 »	= 1,102 »	= 1,128 »	= 1,0 »

Absolute Lichteinheit ist diejenige Lichtmenge, die 1 Quadratcentimeter der Oberfläche von geschmolzenem Platin bei der Erstarrungstemperatur ausstrahlt = 2,08 Carcel.

Bemerkungen.

Grundeinheiten. Das Meter ist ungefähr der 40-millionste Theil des Erdumfangs. Ein Gramm ist nahezu die Masse von 1 Cubikcentimeter Wasser bei 4°. Eine (mittlere / Sternzeit-) Secunde ist $\frac{1}{86400}$ (mittlerer / Stern-) Tag; ein Sterntag (wahre Umdrehungszeit der Erde) ist $23^h\ 56^m\ 4^s$ mittlere Zeit.

Verschiedene Längenmaße. Ein stand-yard (Länge des Secundenpendels) = 0,9933 m. Ein englischer Fuß = 305 mm. Ein Pariser Fuß = 325 mm. (Ein Fuß (1′) = 12 Zoll (12″) = 144 Linien (144‴)). Eine geographische Meile ($\frac{1}{15}$ eines Aequatorgrades) = 7420 m. Eine deutsche Meile = 7500 m, englische Meile = 1609 m. Eine Seemeile (Knoten) = $\frac{1}{4}$ geogr. Meile = 10 Kabellängen = 1000 Faden zu 6′ = $\frac{1}{3}$ der franz. und engl. Seemeile.

Abkürzungen: Längeneinheiten: 1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm = 0,001 km.

Flächeneinheiten: 1 qm = 100 qdm = 10000 qcm = 1000 000 qmm = 0,01 a (Ar).

Kubikeinheiten: 1 cbm = 1000 cdm = 1000 000 ccm = 1000 000 000 cmm = 1000 l (Liter).

Gewichteinheiten: 1 kg = 1000 g = 1000 000 mg = 0,001 t (Tonne).

Ein Kilogrammometer oder Meterkilogramm = 1 mk. Eine Pferdestärke = 1 e.

Der Druck einer Atmosphäre (10328 kg pro qm) = 1 at.

Elektrische Maße: Ein Megohm = 1 000 000 Ohm. Ein Mikrohm = 0,000 001 Ohm. (Aehnlich werden Vielfache der andern Einheiten bezeichnet). Der Effekt eines elektrischen Stromes auf einen bestimmten Theil der Leitung = der Potentialdifferenz an den Enden dieses Theils der Leitung × Stromintensität, wird also gemessen in Voltamper. 1 Voltamper = $\frac{1}{9,808}$ Secunden-Kilogrammometer = $\frac{1}{734}$ Pferdekraft.

Ein Voltamper entwickelt per Secunde 0,23951 Gramm-Calorien, es vermag also pro Secunde 0,23951 g Wasser von 0° bis auf 1° C. zu erwärmen.

I. Mathe-

1. Die Logarithmen

N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D.
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	40
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	37
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	33
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	31
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	29
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	27
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	25
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	24
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	23
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	21
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	21
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	20
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	19
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	18
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	17
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	17
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	16
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	16
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	15
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	14
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	14
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	13
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	13
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	13
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	13
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	12
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	12
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	12
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	12
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	11
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	11
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	10
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	10
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	10
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	10
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	10
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	9
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	9
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	9
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	9
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	8
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	8
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	
N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D.

matik.

der natürlichen Zahlen.

N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D.
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	8
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	8
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	8
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	8
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	7
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	7
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	7
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	7
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	7
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	7
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	6
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	6
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	6
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	6
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	6
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	6
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	6
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	6
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	6
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	5
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	5
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	5
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	5
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	5
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	5
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	
N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D.

2. Die trigonometrischen Zahlen.

Gr.	Sinus	D.	Cosin.	D.	Tangens	D.	Cotang.	D.	
0	0,0000	175	1,0000	2	0,0000	175	unendl.	...	90
1	0,0175	174	0,9998	4	0,0175	174	57,2900	28,6537	89
2	0,0349	174	0,9994	8	0,0349	175	28,6363	9,5552	88
3	0,0523	175	0,9986	10	0,0524	175	19,0811	4,7804	87
4	0,0698	174	0,9976	14	0,0699	176	14,3007	2,8706	86
5	0,0872	173	0,9962	17	0,0875	176	11,4301	1,9157	85
6	0,1045	174	0,9945	20	0,1051	177	9,5144	1,3701	84
7	0,1219	173	0,9925	22	0,1228	177	8,1443	1,0289	83
8	0,1392	172	0,9903	26	0,1405	179	7,1154	8016	82
9	0,1564	172	0,9877	29	0,1584	179	6,3138	6425	81
10	0,1736	172	0,9848	32	0,1763	181	5,6713	5267	80
11	0,1908	171	0,9816	35	0,1944	182	5,1446	4400	79
12	0,2079	171	0,9781	37	0,2126	183	4,7046	3731	78
13	0,2250	169	0,9744	41	0,2309	184	4,3315	3207	77
14	0,2419	169	0,9703	44	0,2493	186	4,0108	2787	76
15	0,2588	168	0,9659	46	0,2679	188	3,7321	2447	75
16	0,2756	168	0,9613	50	0,2867	190	3,4874	2165	74
17	0,2924	166	0,9563	52	0,3057	192	3,2709	1932	73
18	0,3090	166	0,9511	56	0,3249	194	3,0777	1735	72
19	0,3256	164	0,9455	58	0,3443	197	2,9042	1567	71
20	0,3420	164	0,9397	61	0,3640	199	2,7475	1424	70
21	0,3584	162	0,9336	64	0,3839	201	2,6051	1300	69
22	0,3746	161	0,9272	67	0,4040	205	2,4751	1192	68
23	0,3907	160	0,9205	70	0,4245	207	2,3559	1099	67
24	0,4067	159	0,9135	72	0,4452	211	2,2460	1015	66
25	0,4226	158	0,9063	75	0,4663	214	2,1445	942	65
26	0,4384	156	0,8988	78	0,4877	218	2,0503	877	64
27	0,4540	155	0,8910	81	0,5095	222	1,9626	819	63
28	0,4695	153	0,8829	83	0,5317	226	1,8807	767	62
29	0,4848	152	0,8746	86	0,5543	231	1,8040	719	61
30	0,5000	150	0,8660	88	0,5774	235	1,7321	678	60
31	0,5150	149	0,8572	92	0,6009	240	1,6643	640	59
32	0,5299	147	0,8480	93	0,6249	245	1,6003	604	58
33	0,5446	146	0,8387	97	0,6494	251	1,5399	573	57
34	0,5592	144	0,8290	98	0,6745	257	1,4826	545	56
35	0,5736	142	0,8192	102	0,7002	263	1,4281	517	55
36	0,5878	140	0,8090	104	0,7265	271	1,3764	494	54
37	0,6018	139	0,7986	106	0,7536	277	1,3270	471	53
38	0,6157	136	0,7880	109	0,7813	285	1,2799	450	52
39	0,6293	135	0,7771	111	0,8098	293	1,2349	431	51
40	0,6428	133	0,7660	113	0,8391	302	1,1918	414	50
41	0,6561	130	0,7547	116	0,8693	311	1,1504	398	49
42	0,6691	129	0,7431	117	0,9004	321	1,1106	382	48
43	0,6820	127	0,7314	121	0,9325	332	1,0724	369	47
44	0,6947	124	0,7193	122	0,9657	343	1,0355	355	46
45	0,7071		0,7071		1,0000		1,0000		45
	Cosin.	D.	Sinus	D.	Cotang.	D.	Tangens	D.	Gr.

II. Physik.

1. Einige Atomgewichte.

Name	Zeichen	Atomgewicht H=1	Name	Zeichen	Atomgewicht H=1
Aluminium	Al	27,4	Molybdän	Mo	96,0
Antimon	Sb	122,0	Palladium	Pd	106,0
Arsen.	As	75,0	Phosphor	P	31,0
Barium	Ba	137,0	Schwefel	S	32,0
Bor.	B	22,0	Selen	Se	79,5
Cadmium	Cd	112,0	Silicium	Si	28,0
Calcium	Ca	40,0	Strontium	Sr	87,5
Chrom	Cr	52,2	Tellur	Te	128,0
Eisen	Fe	56,0	Thallium	Tl	204,0
Fluor	Fl	19,0	Uran	U	60,0
Kobalt	Co	58,7	Wismuth	Bi	210,0
Kohlenstoff	C	24,0	Wolfram	W	184,0
Lithium.	Li	7,0	Zinn	Sn	118,0
Mangan	Mn	55,0			

Andere A. sind in Tabelle 19 angegeben.

2. Specifische Gewichte.

a. Feste Körper.

Asphalt	1,07—1,16	Pappelholz	0,36
Blei	11,37	Pock-	1,33
Cement	2,72—3,05	Tannen-	0,56
Eis	0,92	» frisch	0,89
Eisen, gegossen	7,0—7,5	Kalk, gebrannt	2,3—3,18
» geschmiedet	7,6—7,79	» mörtel	1,64—1,86
Eisenvitriol	1,84	Kautschuk	0,93
Erde, trocken	1,93	Kreide	1,8—2,7
Fensterglas	2,64	Kupfer, gegossen	8,59—8,90
Gips, gebrannt	1,81	» gehämmert	8,78—9,0
Glockenmetall	8,81	Mennige	8,6
Gold gediegen	18,6—19,1	Messing, gegossen.	8,40—8,71
Granit	2,50—3,05	Platin	21,3
Guttapercha	0,98	Sand, fein, trocken	1,4—1,64
Holz, lufttrocken,		Sandstein	1,90—2,70
Ahorn-	0,75	Schiefer	2,64—2,67
Buchen-	0,75	Silber, gegossen	10,10—10,47
Eben-, schwarz	1,19	Stahl, Cement	7,26—7,80
Eichen-	0,62—0,85	Stahl, Guss-	7,83—7,92
» frisch	0,97	Steinkohle	1,15—1,3
Fichten-	0,47	Torf, trocken	0,51
Kiefer-	0,55	Wachs	0,97
» frisch	0,91	Ziegelstein	1,4—2,2
Kork-	0,24	Zink, gegossen	7,05
Linden-	0,56	» gewalzt	7,19—7,21
Nussbaum-	0,66	Zinn	7,29

b. Flüssige Körper.

Aether b. 20° C.	0,716	Quecksilber b. 0° C.	13,596
Alkohol, abs. b. 20° C.	0,792	Salpetersäure b. 12° C.	1,522
Glycerin, wasserfrei	1,26	Salzsäure b. 15° C.	1,192
Leinöl b. 12° C	0,940	Schwefelsäure, conc.	1,850
Steinöl b. 24° C.	0,798	Schwefelkohlenstoff	1,272
Terpentin b. 25° C	0,887	Wasser, destill. b. 40° C	1,000

c. Gasförmige Körper.

Das Volumen bezogen auf 0° C. und 760 mm Quecksilberdruck.

Substanz	Dichte	rel. Masse Luft = 1	Substanz	Dichte	rel. Masse Luft = 1
Luft	0,001293	1,0000	Sauerstoff	0,001430	1,1057
Chlor	0,003209	2,4815	Steinkohlengas	0,000520	0,4
Jod	0,011339	8,7680	Stickstoff	0,001257	0,9713
Kohlenoxyd	0,001251	0,9674	Wasser	0,000805	0,6221
Kohlensäure	0,001967	1,5205	Wasserstoff	0,000089	0,0693
Methan (Grubengas)	0,000716	0,5531	Zink	0,005814	4,496
Quecksilber	0,008946	6,918			

3. Festigkeitscoefficienten. 4. Elasticität.

Material	Kilogramm pro □ mm											Ausdehnung an der Elasticitätsgrenze	
	Zulässige Belastung			Belastung an der Elasticitätsgrenze (Tragmodul)			Bruchbelastung (Festigkeitsmodul)			Elasticitätsmodul			
	Zug S	Druck S_1	Schub S_2	Zug T	Druck T_1	Schub T_2	Zug K	Druck K_1	Schub K_2	Zug u. Druck E	Schub E_1	Zug σ	Druck σ_1
Stabeisen	7	7	6	14	14	10,5	40	35	35	20000	7500	0,0007	0,0007
Eisenblech	7	7	6	14	14	10,5	35	30	—	17500	6562	0,0008	0,0008
Eisendraht	12	—	—	22	—	—	65	—	—	20000	7500	0,0012	—
Gusseisen	2,5	7	2	7,5	15	5,6	12,5	75	20	10000	3750	0,00075	0,0015
Cementstahl	13	13	10	27	—	20	75	—	50	22500	8440	0,0012	—
Gussstahl	30	30	22	60	—	45	100	—	65	27500	10312	0,0022	—
Gussstahldraht	19,2	—	—	—	—	—	115	—	—	28000	—	—	—
Kupferblech gehämmert	6,6	6,6	5,0	14	14	10,5	—	—	—	10700	4012	0,0013	0,0013
Kupferblech geglüht	2,5	2,0	1,5	3	2,75	2,0	21	41	—	10700	4012	0,00027	0,00025
Kupferdraht	6,6	—	—	12	—	—	42	—	—	12000	—	0,001	—
Messing	2,5	—	1,9	4,85	—	3,64	12,4	7,3	—	6400	2400	0,00076	—
Messingdraht	6,6	—	5,0	13,3	—	—	36,5	—	—	9870	—	0,00135	—
Bronze (8 Kupfer, 1 Zinn)	2,0	—	1,5	3	—	3,25	25,6	—	—	6000	2587	0,00063	—
Zink gegossen	—	—	—	2,3	—	—	5,26	—	—	9500	3562	0,00024	—
Blei	—	—	—	1,05	—	—	1,3	5	—	500	187,5	0,00210	—
Bleidraht	—	—	—	0,47	—	—	2,2	—	—	700	262,5	0,00067	—
Zinn	—	—	—	—	—	—	3,5	—	—	4000	1500	—	—
Aluminium	—	—	—	—	—	—	20,3	—	—	6750	2531	—	—
Eschenholz ‖	1,2	0,66	—	2,56	2	—	12	6,6	—	985	—	0,0026	—
Eschenholz ⊥	—	0,36	—	—	—	—	—	3,5	—	—	—	—	—
Eichenholz ‖	1,1	0,66	0,07	2,7	2	—	11	6,6	0,79	1170	80	0,00233	—
Eichenholz ⊥	—	0,36	—	—	—	—	0,5	3,5	—	—	—	—	—
Buchenholz ‖	1,2	0,66	0,06	1,6	2	—	11,7	6,6	0,66	921	120	0,00176	—
Buchenholz ⊥	—	0,36	—	—	—	—	0,73	3,5	—	—	—	—	—
Kieferholz ‖	0,7	0,44	0,04	2,56	—	—	11,3	4,5	0,42	1200	70	0,00213	—
Kieferholz ⊥	—	0,22	—	—	—	—	0,48	2,2	—	—	—	—	—
Hanfseile	—	—	—	1,6	—	—	5	—	—	—	—	—	—
Lederriemen	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
Glas	0,25	—	—	—	—	—	2,48	—	—	7000	—	—	—
Basalt	—	1,2	—	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—
Gneis und Granit	—	0,6	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—
Kalkstein	—	0,3	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
Sandstein	—	0,2	—	—	—	—	0,6	2	—	—	—	—	—
Guter Ziegelstein	—	0,1	—	—	—	—	0,8	1	—	—	—	—	—
Gew. Ziegelstein	—	0,06	—	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—
Cementmörtel	0,02	0,15	—	—	—	—	0,18	1,5	—	—	—	—	—
Kalkmörtel	—	0,04	—	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—

5. Reibungscoefficienten.

Reibende Körper	Zustand der Oberfläche	Gleitende Reibung d. Bewegung	Gleitende Reibung der Ruhe	Zapfenreibung
Gusseisen auf Gusseisen od. Bronze	wenig fettig	0,15	0,16	0,14
	mit Wasser	0,31	—	0,28
	geschmiert	—	—	0,07
Schmiedeeisen auf Gusseisen oder Bronze	trocken	0,18	0,19	—
	wenig fettig	—	—	0,25
	mit Oel oder Talg	—	—	0,075
Schmiedeeisen auf Schmiedeeisen	trocken	0,44	—	—
	geschmiert	—	—	0,07
Bronze auf Gusseisen	trocken	0,21	—	0,19
	mit Oel oder Talg	—	—	0,075
Bronze auf Schmiedeeisen . . .	etwas fettig	0,16	—	0,052
Bronze auf Bronze	trocken	0,20	—	0,10
Gusseisen auf Eiche	trocken	0,49	—	—
	mit Wasser	0,22	0,65	—
	mit Seife	0,19	—	—
Schmiedeeisen auf Eiche	mit Wasser	0,26	0,65	—
	mit Talg	0,08	0,11	—
Gusseisen auf Pockholz	fettig	—	—	0,10
	geschmiert	—	—	0,07
Sckmiedeeisen auf Pockholz . . .	fettig	—	—	0,19
	geschmiert	—	—	0,11
Pockholz auf Pockholz	geschmiert	—	—	0,70
Eiche auf Eiche, Fasern ‖ . . .	trocken	0,48	0,62	—
	mit Seife	0,16	0,44	—
Eiche auf Eiche, Fasern ⊥ . . .	trocken	0,19	0,43	—
	mit Wasser	0,25	0,71	—
Holz auf Holz im Mittel, Fasern ‖	trocken	0,38	0,55	—
Rindsleder auf Eiche, flach . . .	trocken	—	0,61	—
Rindsleder auf hohe Kante . . .	trocken	0,33	0,43	—
	mit Wasser	0,29	0,79	—
Lederriemen auf Gusseisen . . .	trocken	0,56	0,28	—
	mit Wasser	0,36	0,38	—
dito auf Eichentrommel	trocken	0,27	0,47	—
Hanfseil auf Eiche	trocken	0,52	0,80	—
Rindsleder als Kolbenliderung, flach	mit Wasser	—	0,62	—
	mit Oel oder Seife	—	0,12	—
dito hochkantig	trocken	0,34	—	—
	mit Wasser	0,31	—	—
	mit Oel od. Schmalz	0,14	—	—
Steine oder Ziegel auf Steine oder Ziegel	trocken	—	0,75	—
Steine auf Schmiedeeisen	trocken	—	0,49	—
Hirnholz auf Steine	trocken	—	0,64	—

6. Capillaritätsconstanten.

Substanz	γ (Cohäsionsconstante)	φ (Randwinkel)	α) Adhäsionsconstante)	Substanz	γ (Cohäsionsconstante)	φ (Randwinkel)	α (Adhäsionsconstante)
Wasser	8,253	25°32′	+7,449	Chloroform . . .	3,120	—	—
Schwefelkohlenstoff	3,274	32°16′	+2,768	Steinöl	3,233	36°20′	+2,604
Olivenöl	3,760	21°50′	+3,490	Alkohol	2,599	25°12′	+2,352
Terpentinöl . . .	3,033	27°44′	+2,398	Quecksilber . . .	55,030	150°52′	—34,531

7. Westliche Declination.

Oestliche Länge	Nördliche Breite 45°	50°	55°	Oestliche Länge	Nördliche Breite 45°	50°	55°
20°	15,2	16,7	18,3	30°	10,7	11,4	12,3
21°	14,7	16,2	17,7	31°	10,2	10,9	11,7
22°	14,3	15,6	17,1	32°	9,7	10,4	11,1
23°	13,8	15,1	16,5	33°	9,3	9,9	10,5
24°	13,4	14,6	15,9	34°	8,8	9,3	9,9
25°	12,9	14,1	15,3	35°	8,4	8,8	9,3
26°	12,5	13,5	14,7	36°	7,9	8,3	8,7
27°	12,0	13,0	14,1	37°	7,5	7,8	8,1
28°	11,0	12,5	13,5	38°	7,0	7,2	7,5
29°	11,1	12,0	12,9	39°	6,6	6,7	6,9
30°	10,7	11,4	12,3	40°	6,1	6,2	6,3

8. Inclination.

Nördliche Breite	Länge 20°	25°	30°	35°	40°
45°	—	62,1	61,2	60,3	—
46°	—	62,3	61,9	61,1	—
47°	64,2	63,5	62,7	61,9	61,3
48°	64,9	64,3	63,5	62,7	62,0
49°	65,6	65,0	64,2	63,5	62,9
50°	66,2	65,6	65,0	64,2	63,6
51°	66,9	66,3	65,7	65,0	64,4
52°	67,5	66,9	66,3	65,8	65,1
53°	68,2	67,5	66,9	66,4	65,9
54°	—	68,2	67,6	67,1	66,7
55°	—	—	68,3	67,9	67,5

9. Horizontale Intensität (in Dynen).

Nördliche Breite	Länge 20°	25°	30°	35°	40°
45°	0,209	0,212	0,217	0,221	0,225
46°	0,205	0,208	0,213	0,217	0,221
47°	0,201	0,204	0,209	0,213	0,217
48°	0,197	0,200	0,204	0,209	0,213
49°	0,193	0,196	0,200	0,205	0,208
50°	0,188	0,192	0,196	0,200	0,204
51°	0,185	0,188	0,192	0,196	0,200
52°	0,181	0,184	0,188	0,192	0,195
53°	0,177	0,181	0,185	0,188	0,191
54°	0,174	0,177	0,182	0,184	0,187
55°	0,171	0,175	0,178	0,181	0,183

1 Dyne (1 g—cm—sec) = Gewicht von 0,00101915 Gramm.

Erdmagnetismus im mittleren Europa für 1855.

In einem Jahre wächst die Horizontalintensität um etwa 0,00026°, es nimmt die Declination ab um etwa 0,124°, die Inclination um 0,03°. Die geographische Länge ist östlich von Ferro gerechnet.

10. Coefficient des inducirten Magnetismus (k).

Metall	k	Metall	k
Weiches Eisen	32,8	Weicher Stahl	21,6
Weicher Gussstahl	23,3	Harter Stahl	17,4
Gusseisen	23,0	Harter Gussstahl	16,1

11. Specifische Inductionscapacität (c).

Substanz	c	Substanz	c
Luft	1,00	Paraffin	1,98
Harz	1,77	Reines Kautschuk	2,80
Pech	1,80	Hooper's Masse	3,10
Gelbes Wachs	1,86	Guttapercha von Smith	3,59
Schwefel	1,93	Guttapercha	4,20
Glas	1,90	Glimmer	5,20
Gummilack	1,95	Schellack	1,90

12. Widerstände von Drähten.

Metalle	Zustand	Spec. Widerstand	Widerstand eines ccm Mikrohm	Widerstand eines Drahtes von 1 m Länge u. 1 mm Dicke Ohm	Widerstand eines Drahtes von 1 m Länge u. 1 g Gewicht Ohm
Aluminium	weich	0,0295	2,945	0,03751	0,0757
Antimon	hart	0,360	35,900	0,45710	2,4110
Blei	hart	0,199	19,850	0,25260	2,2570
Eisen	hart	0,0986	9,825	0,12510	0,7654
Gaskohle	—	40 bis 120	—	—	—
Gold	weich	0,0209	2,081	0,02650	0,4080
Gold	hart		2,118	0,02697	0,4150
Kupfer	weich	0,0162	1,652	0,02057	0,1440
Kupfer	hart	0,0166	1,616	0,02104	0,1469
Messing	hart	0,051		—	—
Neusilber	hart	0,212	21,170	0,2695	1,850
Nickel	weich	0,126	12,600	0,01604	1,0710
Phosphorbronze	hart	0,104	—	—	—
Platin	weich	0,0918	9,158	0,11660	1,9600
Quecksilber	—	1	99,740	1,22470	13,0600
Silber	weich	0,0153	1,521	0,01937	0,1544
Silber	hart	0,0166	1,652	0,02103	0,1680
Wismuth	hart	1,33	132,700	1,68900	13,0300
Zink	hart	0,0571	5,689	0,07244	0,4067
Zinn	hart	0,134	13,360	0,17010	0,9738

13. Specifische Widerstände von Flüssigkeiten*).

Kupfervitriollösung			Verdünnte Schwefelsäure		
Procente Salz in Lösung	Spec. Widerstand s	Widerstand eines kcm Mikrohm	Spec. Gewicht	Spec. Widerstand s	Widerstand eines kcm Mikrohm
8	399000	$399,10^5$	1,10	7620	$762,10^3$
12	313000	$313,10^5$	1,20	5500	$550,10^3$
16	271000	$271,10^5$	1,25	4940	$494,10^3$
20	248000	$248,10^5$	1,30	5440	$544,10^3$
24	232000	$232,10^5$	1,40	9350	$935,10^3$
28	204000	$204,10^5$	1,50	15600	$1560,10^3$
			1,60	23900	$2390,10^3$
			1,70	34600	$3460,10^3$

Zinkvitriol: 96 g in 100 kcm Lösung, $s = 166000$.
Salpetersäure: Spec. Gewicht 1,36, $s = 120000$.

Abnahme des Widerstandes für 1° C.:

bei Schwefelsäure im Mittel 0,010
bei concentrirtem Kupfervitriol ca. 0,025
bei Zinkvitriol ca. 0,025

14. Specifische Widerstände von Isolatoren**).

Material	Widerstand eines ccm in Megohm	Temperatur in °C.
Glimmer	$84,10^{12}$	20
Guttapercha	$450,10^{12}$	24
Gummilack	$9010,10^{12}$	28
Hooper's Masse	$15000,10^{12}$	24
Ebonit	$28000,10^{12}$	46
Paraffin	$34000,10^{12}$	46
Glas	größer als die vorigen	—
Luft	unendlich groß	—

Im allgemeinen schreibt man bei Guttapercha für Kabel einen specifischen Widerstand pro ccm von $200,10^{12}$ Megohm vor.

15. Einfluss der Temperatur auf den Widerstand.

	a	*b*
für die meisten reinen Metalle	+ 0,003824	+ 0,00000126
« Quecksilber	+ 0,0007485	— 0,000000398
« Neusilber	+ 0,0004433	+ 0,000000152
« Platinsilber	+ 0,00031	— 0,000000152
« Goldsilber	+ 0,0006999	— 0,000000062
« Messing (nach Arndsen)	+ 0,0016619	— 0,000000558

Im Mittel beträgt die Zunahme für 1° C. 0,00366.

*) Bezogen auf Quecksilber bei + 20° C.
**) Nach einer Elektrisirung von mehreren Minuten.

16. Einfluss der Temperatur auf den Widerstand von Kupferdrähten.

Temperatur in ° C.	Widerstand	Leitungsfähigkeit	Temperatur in ° C.	Widerstand	Leitungsfähigkeit
0	1,00000	1,00000	20	1,07742	0,92814
5	1,01896	0,98139	25	1,09763	0,91110
10	1,03822	0,96319	30	1,11782	0,89457
15	1,05774	0,94541			

17. Normalelemente.

Wirklich constant ist die elektromotorische Kraft eines Elementes nur, solange dasselbe niemals geschlossen wird, also bei Benutzung von Elektrometern.

Clarke: Reines Zink in einer Paste aus in concentrirter Zinksulfatlösung gekochtem Quecksilbersulfat, Quecksilber mit eintauchendem Platindraht

Elektrom. Kraft bei 15,5° *C.* = 1,457 Volt.

Temperaturcoefficient: 0,087 % Abnahme bei 1° *C.* Temperaturerhöhung.

Kittler: Amalgamirtes reines Zink in Schwefelsäure, 1,075 spec. Gewicht bei 18° *C.*; reines Kupfer in Kupfervitriol von 1,190—1,200 spec. Gewicht.

Elektrom. Kraft bei 15,50° *C.* = 1,1943 Volt.

Temperaturcoefficient 0,02 % Zunahme bei 1° *C.* Temperaturerhöhung.

18. Constanten einiger Elemente.

Element	Bemerkungen	Elektrom. Kraft in Volt	Widerstand in Ohm	Maximaleffekt in *VA*
Bunsen	Höhe 20 cm	1,90	0,24	3,8
Ruhmkorff	» 20 »	1,90	0,06	15,8
Thomson	12 qdm Oberfläche	1,06	0,20	1,4
Reynier	Rechtwinkliges Modell mit doppeltem Papierdiaphragma	1,50	0,075	7,5
Tommasi	Zink, verdünnte ($^1/_{20}$) Schwefelsäure, Kohle, salpetersaure Mischung . . .	1,77	0,20	3,9

Aus dieser Tabelle lässt sich jeder Batteriebetrieb berechnen. Dieselbe lässt auch erkennen, wie viele Elemente dazu gehören, um eine Dynamomaschine zu ersetzen. Auf eine Dynamomaschine, die 1 Pferdekraft (*HP*) braucht und ca. 460 Voltamper (*VA*) leistet, kommen also etwa 120 Bunsenelemente von 20 cm Höhe.

19. Die elektromotorische Kraft einiger Elemente.

Name	Bemerkungen	Elektr. Kraft offen in Volt	Elektr. Kraft geschlossen in Volt
Daniel 1836	amalgamirtes Zink in verd. Schwefels. ($^1/_4$), Kupfer in conc. Kupfervitriol . .	1,079	1,036
Grove 1839	amalgamirtes Zink in verd. Schwefels. ($^1/_{12}$), Platin in rauchender Salpeters.	1,95	1,83

Name	Bemerkungen	Elektr. Kraft offen in Volt	Elektr. Kraft geschlossen in Volt
Bunsen 1870	amalgamirtes Zink in verd. Schwefels. (1/12); Kohle in rauch. Salpetersäure. .	1,90	1,79
Sturgeon 1840	amalgamirtes Zink in verd. Schwefels. 1,1 spec. Gewicht; Eisen in concent. Salpetersäure 1,40 spec. Gewicht . .	1,83	1,72
Uelsmann 1878	amalgamirtes Zink in verd. Schwefels. Siliciumeisen	1,83	1,77
Maris Davy 1868	amalgamirtes Zink in verd. Schwefels.; Kohle in eine Paste von Quecksilbersulfat	1,52	1,75
Leclanché 1868	à plaques agglomérées mobiles	1,48	sehr klein
Leclanché 1879	amalgamirtes Zink in Salmiak; Kohle in Braunstein mit Thonzelle	1,48	»

20. Elektrolyse.

Name des Körpers	Zeichen	Atomgewicht	Elektrochem. Aequivalent	Niederschlag in mg per Culom	Culom per g Niederschlag	Niederschlag per Stunden-Amper in g
Wasserstoff	H	1	1	0,0105	96000	0,0378
Kalium	K	39,1	39,1	0,4105	2455	1,4680
Natrium	Na	23,0	23,0	0,2415	4174	0,8694
Magnesium	Mg	24,0	12,0	0,1260	8000	0,4536
Gold	Au	196,6	65,5	0,6875	1466	2,4750
Silber	Ag	108	108	1,1340	889	4,0824
Quecksilber	Hg	200	100	1,0500	960	3,7800
Kupfer	Cu	63	31,5	0,3307	3079	2,3800
Nickel	Ni	59	29,5	0,3097	3254	1,1249
Zink	Zn	65	32,5	0,3412	2953	1,2283
Blei	Pb	207	103,5	1,0867	928	3,9041
Platin	Pt	197,4	98,7	1,0364	973	3,7308
Sauerstoff	O	16	8	0,0840	11905	0,3024
Stickstoff	N	14	4,3	0,0490	20408	0,1764
Chlor	Cl	35,5	35,5	0,3727	2683	0,1342
Jod	J	127	127	1,3335	749	4,8001
Brom	Br	80	80	0,8400	1190	3,0240

Ein Culom (also 1 Amper pro Secunde) scheidet in einer Zersetzungszelle 0,0105 mg Wasserstoff aus, zerlegt also 0,0945 mg Wasser oder erzeugt 0,1759 ccm Knallgas im Normalzustande. 1 ccm Knallgas (normal) = 0,000536 g. 1 g Knallgas = 1865,67 ccm. Angenähert erzeugt 1 Amper pro Minute 10,5 ccm Knallgas und schlägt pro Stunde 4 g Silber nieder.

Nennt man a das elektrochemische Aequivalent des Körpers, bezogen auf den Wasserstoff als Einheit, so ist das Gewicht g eines Körpers, welches von 1 Culom ausgeschieden wird

$$g = 0{,}0105\, a \text{ mg}$$

Durch i Culom (i Amper pro Secunde) werden ausgeschieden:

$$g = 0{,}0105\, ai \text{ mg}.$$

21. Polarisation.

Flüssigkeit	Elektroden	Elektromotorische Kraft d. Polarisation in Volt.
Salpetersäure	Platinplatten	1,23
Schwefelsäure (6 Vol. auf 100 H_2O) . . .	»	2,7
Schwefelsäure	Amalg. Zinkplatten	0,5
Schwefelsäure	Kupferplatten	1,08
Schwefelsäure	Zinkplatten	0,72
Schwefelsäure (verdünnt wie oben) . . .	Eisenplatten	0,16
Concentrirte Salpetersäure	Graphitplatten	0,63
Kupfervitriollösung	Kupferplatten	0,03
Salpetersäure	Amalg. Zinkplatten	0,014
Salpetersäure	Kupferplatten	0,004

23. Thermoelektricität.

Elektromotorische Kraft pro 100° Temperaturdifferenz in $\frac{1}{100}$ Daniell.

Wismuth-Antimon	0,624	Bleiglanz-Kupfer	10,20
Kupfer-Neusilber	0,111	Kupfer-Schwefelkies	16,66
Eisen-Neusilber	0,150	Bleischwefel-Buntkupfer	18,18

22. Specifische Wärmen der Gase bei constantem Druck.

Sauerstoff	0,2182	Kohlensäure	0,2164
Stickstoff	0,2440	Wasserdampf	0,4750
Wasserstoff	3,4046	Ammoniak	0,5080
Kohlenoxyd	0,2479	Luft	0,2377

24. Gesättigte Wasserdämpfe*).

Absolute Dampfspannung p		Temperatur t (Grade Celsius)	Gesammtwärme $\lambda = q + \varrho \pm Apu$			$u = s - \sigma$	Dichte γ = Gewicht eines Cubikmet. Dampf in kg.
				Verdampfungswärme $= r$			
Atmosphären à 760 mm Quecksilbersäule	kg pro 1 qm		Flüssigkeitswärme $= q$ (Calorien pro 1 kg)	Innere latente Wärme ϱ (Calor. pro 1 kg.)	Aeußere latente Wärme Apu (Calor. pro 1 kg.)		
0,1	1033	46,2	46,282	538,848	35,464	14,5508	0,0687
0,5	5167	81,7	82,017	510,767	38,637	3,1705	0,3153
1,0	10334	100,0	100,500	496,300	40,200	1,6494	0,6059
1,5	15501	111,7	112,408	487,014	41,159	1,1258	0,8874
2,0	20668	120,6	121,417	480,005	41,861	0,8588	1,1631

*) Es bezeichnet in der Tabelle der gesättigten Wasserdämpfe σ das specifische Volum des Wassers, d. i. Volum von 1 kg Wasser = 0,001 cbm = σ; und das specifische Volumen von 1 kg gesättigten Dampf in kbm = $s = \frac{1}{\gamma}$, worin γ das specifische Gewicht von 1 cbm.

$s = u + \sigma$, worin der Werth u der Tabelle zu entnehmen ist.

Absolute Dampfspannung p		Temperatur t (Grade Celsius)	Gesammtwärme $\lambda = q + \varrho + Apu$			$u = s - \sigma$	Dichte γ = Gewicht eines Cubikmet. Dampf in kg
				Verdampfungswärme = r			
Atmosphären à 760 mm Quecksilbersäule	kg pro 1 qm		Flüssigkeitswärme = q (Calorien pro 1 kg)	Innere latente Wärme ϱ (Calor. pro 1 kg)	Aeußere latente Wärme Apu (Calor. pro 1 kg)		
2,5	25835	127,8	128,753	474,310	42,416	0,6961	1,4345
3,0	31002	133,9	134,989	469,477	42,876	0,5864	1,7024
3,5	36169	139,2	140,438	465,261	43,269	0,5072	1,9676
4,0	41336	144,0	145,310	461,496	43,614	0,4474	2,2303
5,0	51670	152,2	153,741	454,994	44,192	0,3626	2,7500
6,0	62004	159,2	160,938	449,457	44,667	0,3054	3,2632
7,0	72338	165,3	167,243	444,616	45,070	0,2642	3,7711
8,0	82672	170,8	172,888	440,289	45,420	0,2329	4,2745
9,0	93006	175,8	178,017	436,366	45,727	0,2085	4,7741
10,0	103340	180,3	182,719	432,775	46,001	0,1887	5,2704
11,0	113674	184,5	187,065	429,460	46,247	0,1725	5,7636
12,0	124008	188,4	191,126	426,368	46,471	0,1589	6,2543
13,0	134342	192,1	194,944	423,465	46,676	0,1473	6,7424
14,0	144766	195,5	198,537	420,736	46,864	0,1373	7,2283

25. Dampfspannungen.

Temp.	Methylalkohol	Aethylalkohol	Aethyläther	Aceton	Chloroform	Kohlentetrachlorid	Aethylchlorid
— 20	6,27	3,34	68,90	—	—	9,80	187,55
— 10	13,47	6,47	114,72	—	—	18,47	302,09
0	26,82	12,70	184,39	—	—	32,95	465,18
10	50,13	24,23	286,83	—	—	55,97	691,11
20	88,67	44,46	432,78	179,63	160,47	90,99	996,23
30	149,99	78,52	634,80	281,00	247,51	142,27	1398,99
40	243,51	133,69	907,04	420,15	369,26	214,81	1919,58
50	381,68	219,90	1264,83	602,86	535,05	314,38	2579,40
100	2405	1697	4953	2797	2428	1467	8722
120	4341	3231	7719	4546	3925	2393	6658
130	5691	4323	—	5669	4885	2996	—
140	7337	5674	—	6974	6000	3709	—
150	9361	7318	—	—	7280	4543	—
160	—	—	—	—	8734	5513	—
190	—	—	—	—	9399	—	—

26. Siedepunkte.

Schwefeläther	34,9°	Schwefelsäure (gem.)	288,0
Schwefelkohlenstoff	46,8	Phosphor	290,0
Brom	47,0	Terpentin	293,0
Aceton	56,3	Schwefel	316,0
Holzgeist	65,5	Leinöl	316,0
Salpetersäure	66,0	Quecksilber	350,0
Alkohol	78,4	Anilin	182,0
Naphta	85,5	Diphenylamin	310°
Essigsäure	117,3		

27. Liquefaction.

	Siedepunkt	Tension bei 0°	Tension bei 15°
Kohlensäure	— 80°	35 Atm.	52 Atm.
Stickoxydul	— 92°	36 »	49 »
Schweflige Säure	— 10°	1,53 »	2,72 »
Ammoniak	— 30°	4,1 »	7,1 »
Schwefelwasserstoff	— 73°	10,8 »	16,3 »

28. Kritische Temperaturen und Drucke.

	Krit. Temp.	Krit. Drucke.
Sauerstoff	— 105,4°	48,7 Atm.
Wasserstoff	— 174,2	98,9 »
Stickstoff	— 123,8	42,1 »
Luft	— 158	14,5 »
Aether	190,0	36,9 »
Aethylen	9,2	58 »
Alkohol	234,3	64,5 »
Benzol	291,5	90,5 »
Chloroform	260,0	54,9 »
Kohlensäure	32,0	77,0 »
Methan	75,7	46,8 »
Schwefelkohlenstoff	272,6	77,9 »
Schweflige Säure	155,4	78,9 »

29. Schmelzpunkte.

Substanz	Grad *C*	Substanz	Grad *C*
Aluminium	1000	Phosphor	43
Antimon	432	Platin	2500
Blei	330	Quecksilber	38,5
Bronze	900	Silber	1000
Eisen, Guss- . . . 1050 bis	1200	Schwefel	109
Eisen, Schmiede- . . 1500 bis	1600	Stahl . . . 1300 bis	1400
Gold . . . 1100 bis	1250	Wismuth	260
Kupfer	1100	Zink	360
Messing	900	Zinn	230

30. Latente Wärme.

a. Flüssigkeiten.

Blei	5,369	Silber	21,07
Phosphor	5,034	Wasser	79,25
Quecksilber	2,830	Wismuth	12,64
Schwefel	9,368	Zink	28,13
Chlorcalcium	40,70	Zinn	14,25

b. Dämpfe.

Alkohol	210,0	Terpentinöl	74,04
Aether	89,96	Citronenöl	79,81

Wasser $607 - 0{,}708 \cdot t$

31. Specifische Wärme.

a. Feste Körper.

Blei	0,0314	Messing	0,0939
Holzkohle	0,240	Nickel	0,1109
Eis	0,502	Platin	0,0324
Eisen	0,1138	Schwefel	0,2026
Glas	0,177	Silber	0,0570
Gyps	0,259	Stahl	0,1184
Gold	0,0324	Zink	0,0956
Kalkspath	0,206	Zinn	0,0562
Kupfer	0,0952	Ziegelstein	0,2150
Magnesium	0,2499	Marmor	0,2099

b. Flüssigkeiten.

Alkohol	0,6148	Quecksilber	0,0333
Brom	0,1051	Schwefelkohlenstoff	0,2206
Holzgeist	0,6009	Wasser bei 0° C	1,0000

32. Längenausdehnung (von 0 bis 100°).

Substanz	Längenausdehnung		Substanz	Längenausdehnung	
Blei	0,002848	$^1/_{351}$	Stabeisen	0,001235	$^1/_{812}$
Glas	0,000861	$^1/_{1161}$	Stahl ungehärtet	0,001079	$^1/_{927}$
Gusseisen	0,001110	$^1/_{901}$	» gehärtet	0,001239	$^1/_{807}$
Kupfer	0,001718	$^1/_{582}$	Messing	0,001868	$^1/_{535}$
Quecksilber	0,006006	$^1/_{166,5}$	Wasser	0,015533	$^1/_{71,4}$
Zinn	0,001938	$^1/_{516}$	Zink	0,002942	$^1/_{340}$

Volumenausdehnung der permanenten Gase = 0,003663, des Quecksilbers = 0,00018018 bei 1° C. Temperaturzunahme. Die Ausdehnung des Wassers ist bei verschiedenen Temperaturen verschieden; seine größte Dichte ist bei 4° C. erreicht und seine Ausdehnung von 0 bis 100° beträgt 0,04660.

33. Temperaturen beim Glühen des Eisens.

Im Dunkeln rothglühend	525° C.	Dunkelorange	1100° C.
Dunkelroth	700	Hellorange	1200
Dunkelkirschroth	800	Weißglühend	1300
Kirschroth	900	Schweißhitze	1400
Hellkirschroth	1000	Blendendweiß	1500

34. Wärmeleitungsfähigkeit.

a. Feste Körper.

Blei	7,19	Zinn	14,46
Schmiedeeisen	20,70	Messing	30,20
Puddelstahl	14,18	Rothmessing	24,60
Bessemerstahl	9,64	Neusilber	10,94
Kupfer	98,23	Eis	0,23
Magnesium	37,60	Glas	0,13
Quecksilber	1,47	Schiefer	0,081
Silber	109,60	Quarzsand	0,013
Zink	30,71	Kork	0,071

Kiefernholz (längs)	0,030	Hartgummi	0,026
Kiefernholz (radial)	0,009	Filz	0,009
Kautschuk	0,009	Baumwolle	0,004

b. Flüssigkeiten.

Wasser	0,155	Benzol	0,033
Kupfervitriollösung	0,118	Glycerin	0,075
Aether	0,040	Olivenöl	0,039
Alkohol	0,151		

c. Gase.

Luft	0,00492	Stickstoff	0,00524
Wasserstoff	0,03324	Kohlensäure	0,00305
Sauerstoff	0,00563	Ammoniak	0,00458

Die Zahlen bezeichnen die Wärmemenge, welche durch eine ebene Platte von 1 mm Dicke, deren Seiten um 1° verschiedene Temperaturen haben, pro Quadratmillimeter Fläche in der Secunde durchgeht in Milligrammcalorien.

35. Reibungscoefficienten von Gasen.

Luft 0,000188 Wasserstoff 0,000092 Kohlensäure 0,000152 $\left(\frac{G}{CS}\right)$.

36. Relative Diffusionsconstanten.

Chlorkalium	1	Kohlensaures Natron	0,5436
Chlornatrium	0,8337	Schwefelsaures Kupferoxyd	0,3440

Die absolute Diffusionsconstante von Chlornatrium ist je nach d. Temp. u. Conc. d. Lösung = 80 bis 100 $\times 10^{-7}$. Es ist dies diejenige Menge Chlornatrium, welche in 1 Secunde durch 1 qcm geht, wenn die Concentrationszunahme pro 1 cm = 1 g ist.

37. Endosmotische Aequivalente*).

Kalihydrat	231,4	Schwefelsaures Kupfer	9,5
Schwefelsaures Kali	12,7	Zucker	7,2
» Natron	11,5	Alkohol	4,1
Chlornatrium	4,3	Schwefelsäure	0,3

38. Absorptionscoefficienten von Gasen.

Substanz	in Wasser	in Alkohol
Stickstoff	0,01478	0,12142
Wasserstoff	0,01930	0,06725
Sauerstoff	0,02989	0,28397
Kohlensäure	1,00200	3,19930
Schwefelwasserstoff	3,23260	9,53900
Schweflige Säure	43,564	144,55
Ammoniak	727,2	—
Luft	0,01795	—

*) = Wassermenge, welche mit 1 Aequivalent Salz sich austauscht.

39. Löslichkeit einiger Salze.

Substanz	bei 0°	bei 100°
Salpeter	13,3	247
Kaliumbichromat	4,6	94,1
Kaliumcarbonat	83,1	153,6
Chlornatrium	35,5	39,6
Borax	2,8	201,4
Salmiak	28,4	72,8
Gyps	0,19	0,17
Zinkvitriol (7 aq.)	115,2	653,6
Kupfervitriol (5 aq.	31,6	203,3
Quecksilberchlorid	5,7	53,9
Bleinitrat	38,7	138,9
Kalialaun (12 aq.)	3,9	357,4

Die Zahlen geben die von 100 Gewichtstheilen Wasser gelösten Gewichtstheile der Substanz an.

40. Brennmaterialien.

Brennmaterial	Gewicht von 1 cbm in kg	Specifisches Gewicht	Absoluter Wärmeeffekt in Calorien	Theoret. Luftgewicht in kg	Gewicht d. Verbrennungsproducte bei doppeltem Luftgewicht kg
Lufttrockenes Holz	450	0,8	2900	5,0	12
» Torf	400	0,5	3600	5,6	12
Braunkohle	750 bis 880	1,20 bis 1,35	6400	9,3	20
Bituminöse Steinkohle			8300	11,0	23
Magere »			8100	10,7	22
Trockene »			6900	10,1	21
Holzkohle	230—250	—	7500	11,2	23
Coke	360—470	—	7100	10,6	22
Leuchtgas	0,5196	0,4	10600	20,0	25
Kohlenoxyd	1,26	—	2403	5,2	7

41. Einige Verbrennungswärmen.

Verbrannter Körper	Wärmeeinheiten	Verbrannter Körper	Wärmeeinheiten
Wasserstoff zu flüssigem Wasser verbrennend	34462	Kohlenoxyd zu Kohlensäure	2403
Wasserstoff zu Wasserdampf	29633	Schwefel	2221
Holzkohlenstoff z. Kohlenoxyd	2473	Schwefelkohlenstoff	3400
Holzkohlenstoff zu Kohlensäure	8080	Wachs	9000
		Talg	8370

42. Geschwindigkeit des Schalles.

In Luft von der Temperatur t ist dieselbe pro Secunde in Metern

$$n = 332 \sqrt{1 + 0{,}003665 \cdot t}\,.$$

Geschwindigkeit des Schalles in Flüssigkeiten bei 10° C.

Aether	1039 m	Wasser	1453 m
Alkohol	1157 m	Quecksilber	1484 m
Terpentin	1276 m	Salpetersäure	1535 m

Setzt man die Schallgeschwindigkeit in Luft = 1, so ist dieselbe in

Fischbein	= 6,7	Glas	= 16,7
Zinn	= 7,5	Stahl	= 16,7
Silber	= 9	Tannenholz	= 18
Nussbaumholz	= 10,7		

43. Schwingungszahlen.

Name des Tones	Reines Schwingungsverhältnis	Temperirtes Schwingungsverhältnis	Name des Tones	Reines Schwingungsverhältnis	Temperirtes Schwingungsverhältnis
c	1	1	ges	$\frac{36}{25}$	1,414
cis	$\frac{25}{24}$	} 1,059	g	$\frac{3}{2}$	1,498
des	$\frac{27}{25}$		gis	$\frac{25}{16}$	} 1,587
d	$\frac{9}{8}$	1,122	as	$\frac{8}{5}$	
dis	$\frac{75}{64}$	} 1,189	a	$\frac{5}{3}$	1,681
es	$\frac{6}{5}$		ais	$\frac{125}{72}$	} 1,781
e	$\frac{5}{4}$	} 1,259	b	$\frac{9}{5}$	
fes	$\frac{32}{25}$		h	$\frac{15}{8}$	} 1,887
eis	$\frac{125}{96}$	} 1,334	ies	$\frac{48}{25}$	
f	$\frac{4}{3}$		his	$\frac{125}{64}$	} 2,000
fis	$\frac{25}{18}$	1,414	c_1	2	

Schwingungszahl von c = 129 ganze = 258 halbe Schwingungen pro Secunde.

44. Leuchtkraft.

Lampe	Lichtmenge in Wachskerzen	Stündl. Verbrauch in g	Leuchtkraft*) in Wachskerzen
Talglicht 8 auf ½ kg	0,642	7,510	0,0855
» 5 » » »	0,783	8,510	0,0920
Wachslicht 5 auf ½ kg	1,000	8,710	0,1148
Stearinkerze 5 auf ½ kg	1,051	9,350	0,1113
Gasflamme (Steinkohle)	9,331	136 Liter	—

45. Diathermansie.

Substanz	Hindurch gelassene Wärme von			
	d. Locatelli Lampe	glühend. Platin	Kupfer von 390°	Würfel von 100°
Steinsalz	92	92	92	29
Kalkspath	39	28	6	0
Spiegelglas	39	24	6	0
Bergkrystall	38	28	6	0
Gyps	14	5	0	0
Eis	6	0	0	0

*) d. h. Lichtmenge pro 1 Gramm.

46. Absorption strahlender Wärme durch Gase.

Wasserstoff	1	Chlorwasserstoff	62	Schwefelwasserstoff	390
Sauerstoff	1	Kohlenoxyd	90	Grubengas	403
Stickstoff	1	Kohlensäure	90	Schweflige Säure	710
Chlor	39	Stickoxydul	355	Ammoniak	1195

47. Brechungsexponenten.

(λ = Wellenlänge in 10 Millionentheilen des mm).

Brechende Medien	Dichte	Brechungsexponent						
		B λ=6897	*C* 6559	*D* 5888	*E* 5265	*F* 4856	*G* 4296	*H* 3963
Crownglas von Dollond	2,484	1,6079	1,6089	1,6114	1,6147	1,6175	1,6227	1,6271
Flintglas Nr. 3	3,512	1,6020	1,6038	1,6085	1,6145	1,6200	1,6308	1,6404
Wasser bei 18,75° C.	0,998	1,3309	1,3317	1,3336	1,3359	1,3378	1,3413	1,3442
Alkohol bei 17,6° C.	0,815	1,3628	1,3633	1,3654	1,3675	1,3696	1,3733	1,3761
Schwefelkohlenstoff bei 15,6² C.	1,268	1,6182	1,6219	1,6308	1,6438	1,6555	1,6799	1,7019

48. Dispersion.

Substanz	Mittlere Brechung	Zerstreuungs-größe	Zerstreuungs-verhältnis
Wasser	1,33	0,006	0,020
Crownglas	1,53	0,010	0,019
Flintglas	1,64	0,021	0,033
Cassiaöl	1,64	0,009	0,139
Steinsalz	1,56	0,029	0,053
Diamant	2,49	0,056	0,038

Literaturverzeichnis.

Wie bereits in der Vorrede bemerkt wurde, stützt sich der Hauptinhalt des Buches wesentlich auf Erfahrungen, die ich theils in verschiedenen Werkstätten von Mechanikern sammelte, theils auch und zwar in erster Linie bei den Arbeiten in der Werkstätte der Mittelschule in Mühlhausen. Nichtsdestoweniger konnte ich bei der Ausarbeitung von der vorhandenen technischen und physikalischen Literatur sehr reichlichen Gebrauch machen, sowohl hinsichtlich der Darstellung der einzelnen Operationen, wie auch hinsichtlich der systematischen Anordnung, insbesondere aber bei Bearbeitung des Abschnittes III. Ich gebe deshalb im Folgenden in alphabetischer Reihenfolge eine Zusammenstellung derjenigen Werke, aus welchen ich vorzugsweise geschöpft habe, und die dem, der sich über Einzelheiten näher zu unterrichten wünscht, als Nachschlagewerke bestens empfohlen sein mögen.

Abass, Handbuch der gesammten Metallwaarenfabrikation. Weimar, Voigt, 1876.

Arendt, Technik der Experimentalchemie. Leipzig, Voss, 1881.

Bach, Die Maschinenelemente. Stuttgart, Cotta, 1881.

— Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien. Leipzig, Spamer, 1871.

Gräger, Handbuch der Glasfabrikation. Weimar, Voigt, 1868.

Grosch, Praktisches Handbuch für Uhrmacher. Weimar, Voigt, 1879.

Hagdorn, Der gründlich lehrende Anstreicher. Weimar, Voigt, 1878.

Heinzerling, Die Fabrikation von Kautschuk- und Guttaperchawaaren. Braunschweig, Vieweg u. S., 1883.

Hoyer, Lehrbuch der vergleichenden mechanischen Technologie. Wiesbaden Kreidel, 1878.

Karmarsch (Hartig), Handbuch der mechanischen Technologie. Hannover, Helwing, 1876.

v. Lang, Einleitung in die theoretische Physik. Braunschweig, Vieweg u. S., 1873.

Landolt u. Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. Berlin, Springer, 1883.

Leichner (Krehan), Anleitung zur Verfertigung von Papp- und Galanteriearbeiten. Weimar, Voigt, 1866.

Lüdicke, Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinenschlosser. Weimar, Voigt, 1878.

Martin (Spitzbarth), Die Kunst des Drechslers. Weimar, Voigt, 1866.

Mousson, Die Physik auf Grundlage der Erfahrung. Zürich, Schulthess, 1874.

Müller, Die constructive Zeichnungslehre. Braunschweig, Vieweg u. S., 1874.

Neumann, Handbuch der Metalldreherei. Weimar, Voigt, 1882.

v. Poppe, Neuestes Kunst, Manufactur- und Industriebuch. Stuttgart, Scheible, 1840.

Ritter, Lehrbuch der technischen Mechanik. Leipzig, Baumgärtner, 1882.

Röntgen, Der Werkzeugfabrikant. Weimar, Voigt, 1875.
Rohrbeck, Vademecum für Elektrotechniker. Berlin, Seydel, 1885.
Schröder, Klempnerschule. Weimar, Voigt, 1882.
Schuberth, Illustrirtes Hand- und Hülfsbuch für den praktischen Metallarbeiter. Wien, Hartleben, 1883.
Siddon (Richter), Rathgeber in der Kunst des Schleifens und Polirens. Weimar, Voigt, 1875.
Stöckel (Graef), Bau-, Kunst- und Möbelschreiner. Weimar, Voigt, 1878.
Templeton (Kreuter u. Otto), Taschenbuch für den praktischen Mechaniker. Brünn, Winiker, 1882.
Thon (Eckardt), Kittkunst. Weimar, Voigt, 1869.
Uhland, Kalender für Maschineningenieure. Leipzig, Baumgärtner, 1880.
Uppenborn, Kalender für Elektrotechniker. München, Oldenburg, 1884.
Weber, Die Kunst des Bildformers und Gypsgießers. Weimar, Voigt, 1878.
Weißbach (Herrmann), Ingenieur- und Maschinenmechanik. Braunschweig, Vieweg u. S., 1876.
Weißbach (Reuleaux u. Querfurt), Ingenieur. Braunschweig, Vieweg u. S., 1877.
Wernicke, Lehrbuch der Mechanik. Braunschweig, Vieweg u. S., 1877.
G. Wiedemann, Die Lehre von der Elektricität. Braunschweig, Vieweg u. S., 1878.
Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik. Leipzig, Teubner, 1875.

Aus einzelnen dieser Werke, nämlich denjenigen von Heinzerling, Hoyer, Müller, Ritter, Schuberth, Schröder, Weißbach, Wernicke, Wüllner, wurden Figuren entlehnt, aus einzelnen, nämlich: v. Lang, Rohrbeck, Ritter, Templeton, Mousson, Uhland, Uppenborn, Weißbach, Wernicke, Wiedemann, Wüllner auch Formeln und Tabellen.

Eine Anzahl von Figuren verdanke ich ferner folgenden Firmen:

Delisle & Ziegele, Werkzeuggeschäft, Stuttgart.
Hanisch & Co., Maschinenfabrik, Berlin N. 24, Elsässerstr. 52.
E. Kircheis, Blechbearbeitungsmaschinenfabrik in Aue in Sachsen.
M. Selig jun., Werkzeug- und Maschinenlager, Berlin NW., Karlsstraße 20.
Siecke u. Schultz, Lager von Werkzeugen und Maschinen, Berlin C., Neue Grünstraße 25 B.
E. Sonnenthal jun., Lager von Werkzeugen und Maschinen, Berlin C, Neue Promenade 5.
H. Walz, Werkzeugmaschinenfabrik, Berlin S., Wallstraße 55.
J. G. Weißer, Söhne, Drehbankfabrik St. Georgen, bad. Schwarzwald.

Ich benutze die Gelegenheit, diese Firmen zugleich als Bezugsquellen für Werkzeuge und Werkzeugmaschinen zu empfehlen, umsomehr, da ich, wenigstens theilweise, Gelegenheit hatte, die Vortrefflichkeit ihrer Fabrikate persönlich kennen zu lernen. Bezüglich der Preise der einzelnen Objekte, die natürlich je nach Angebot und Nachfrage erheblichen Schwankungen unterliegen, muss auf die Preisverzeichnisse verwiesen werden, welche von obigen Firmen gerne zur Verfügung gestellt werden.

Register zu Abschnitt I.

Abätzen 86.
Abdrehen von Scheiben 36.
Abkantemaschine 97.
Abmeißeln, Abschroten, Abkneifen und Rohrabschneiden 15.
Abschmelzen 86.
Abschrot 16.
Abstechen 31.
Abstichstahl 32.
Abziehen 64.
Achat 103, 142.
Aetzflüssigkeiten 88.
Aetzgrund 87.
Aetzung schwärzen 88.
Ahle 41.
Aluminium löthen 161.
Amalgamiren 134.
Amalgamvergoldung 135.
Ambos 108.
Angießen 152.
Anlage der Zeichnung 144.
Anlöthen v. Glashähnen 153.
Anstellungswinkel 27.
Anstreichen 139.
» nach Schablonen 142.
Anstrich ausbessern 142.
Aquarellfarben 146.
Ansatz schmieden 109.
Aufhauer 110.
Aufschlitzen einer Eisenstange 110.
Aufspalten einer Eisenstange 110.
Auftiefen 99.
Aufziehen 100.
Ausdrehstahl 31, 32.
Aushauer 14.
Ausschlageisen 14.
Ausschleifen cylindrischer Höhlungen 71.
Ausschweifen 100.
Ausziehen von Glasröhren 115.

Bahn des Hammers 108.
Bandeisen abmeißeln 16.
Bandmaß 10.
Bandsäge 56.
Bankhammer 15.
Bastardfeilen 62.
Beil 79.
Beißzange 168.
Beizen von Metall 89, 137.
Bernsteinfirnis 141.
Bestoßfeilen 62.
Bestoßmaschinen 26.
Biegen 90.
Biegen von Eisen 110.
Biegen von Glasröhren 114.
Blasbälge 113.
Blattgold schneiden 15.
Blaumachen von Stahlschrauben 136.
Blech abmeißeln 16.
Blech gerade richten 97.
Blech, Löcher ausschlagen 14.
Blechröhren 97.
Blechscheren 74.
Blech schlagen 97.
Blechstreifen verzieren 103.
Blei, gemeines 91.
Bleidraht biegen 90.
Blei löthen 151.
Bleiröhren 90.
Boden an Glasgefäßchen 116.
Bogenfeile 58.
Bohrbügel 46.
Bohren von Blei 47.
Bohren auf der Drehbank 43.
Bohrfutter 41.
Bohrknarre 46.
Bohrmaschine 41.
Bohrratsche 46.
Bohrrolle mit Fiedelbogen 42.
Bohrung centriren 36.
Bohrwinde 40.

Bördeleisen 98.
Bördelmaschine 96, 99.
Bossiren 123.
Braune Beize 139.
Brecheisen 169.
Brennerzange 169.
Brille 28.
Bromsilbergelatinetrockenplatten 147.
Bromsilberpapier 148.
Broncegießen 129.
Bronciren 141.
Brüniren von Eisen 137.
Brustblech 42.
Buchstabenpunzen 102.
Büchse, cylindrische 94.
Bügeleisen 119.
Bunsen's Element 131.
Buntes Papier 142.

Cadmiumamalgam 161.
Caliber 9.
Camera, photographische 147.
Cement 123.
Centrirfutter 8.
Centrirwinkel 8.
Centrumbohrer 46.
Chemische Kitte 163.
Chlorsilberpapier 149.
Ciseliren 21.
Coloriren 145.
Compositionsfeile 71.
Copallack 139.
Copie, galvanoplastische 131.
Copien, galvanoplastische, von hohlen Körpern 132.
Copirrahmen 149.
Cylinderausbohren 47.
Cylinderbohrmaschine 47.
Cylindrisch drehen 29, 36

Dammarlack 139.
Diamant 79.
Diamantpulver 83.
Diamantwerkzeuge 81.
Dorn 21, 29, 35, 110.
Dorn, expandirbarer 35.
Drähte abdrehen 37.
Drähte abkneifen 7.
Draht abfeilen 64.
» einlegen 99.
» gerade richten 92.
» im Winkel biegen 92.
» überspinnen 166.
» ziehen 95.
Drahtnetz 165.
Drahtschere 73.
Drehbank 27.
Drehbank mit fliegender Spindel 53.
Drehen mit äußerster Exaktheit 38.
Drehmeißel einspannen 34.
Drehmeißel, Vibriren desselben 35.
Drehstähle halten 31.
Drehstähle für den Support 34.
Drehstähle, lange 31.
Drehstuhl 38.
Dreieck 143.
Dreizack 28.
Drillbohrer 42.
Drucken 143.
Drückbank 93.
Drücken 90.
Drücken von Kautschuk, Horn, Leder, Holz 117.
Drückstähle 93.
Durchschlag 76.
Durchstanzen 73.
Dübbel 167.
Dynamomaschine 131.

Ebene Flächen an Steinen 83.
Ebene Platten schleifen 71, 85.
Ebenfeilen 64.
Ebonit 119.
Edelsteine schneiden 83.
Eindrehen von Furchen 31.
Einrichtung der Werkstätte 170.
Einschnitte, dünne 58.
Einspannen bearbeiteter Gegenstände 62.
Einspannen durch Aufschrauben 35.
Einspannen großer Bretter 25.
Einspannen zwisch. Spitzen 35.
Einstreichfeile 59.
Einziehen 100.
Eisendraht, dicken, biegen 92.
Eisenguss 130.
Eisenkitt 163.
Eisen löthen 160.
Eisenpapier 149.
Eisenröhren biegen 91.
Eisen schwärzen 136.
Eisenstangen abmeißeln 16.
Eisenstangen biegen 92.
Elektrolyse 88.
Elfenbein färben 139.
Elfenbein leimen 155.
Endflächen abdrehen 37.
Erweitern von Bleiröhren 91.
Erzeugungsinstrumente 1.

Facetten, ebene 65.
Falzbein 145.
Falzen 163.
Falz zudrücken 165.
Farbanstriche, alte 69.
Farbige Kitte 162.
Federzirkel 11.
Feilbürsten 63.
Feilen kleiner Theilchen 62.
Feilholz 64.
Feilkloben 64.
Feilkloben, gestielter 64.
Feilmaschinen 26.
Feinschlichtfeile 62.
Feueranzünder 106.
Fiedelbogen 38.
Fiedelbohrer, continuirlicher 43.
Finne des Hammers 108.
Flacheisen abmeißeln 16.
Flachmeißel 15.
Flachzange 91.
Flechten 163.
Formbrett 126.
Formen von Gyps, Leim, Papiermasse 123.
Formen von Wachs, Thon, Sand 123.
Formkasten 125.
Formsand 125.
Fournirholz 143.
Fräse 66.
Fräsmaschine 67.
Fuchsschwanz 55.
Fügen 163.
Fugger 160.
Füllofen 171.
Futter, selbstcentrirende 37.

Gabelschlüssel 168.
Galvanisiren 133.
Galvanoplastik 130.
Galvanoplastisch löthen 154.
Gaslöthkolben 158.
Gaslöthrohr 112.
Gasröhren abschneiden 17.
Gasschmelzofen 130.
Gaszange 169.
Gebläselampe 112.
Gedrehte Gegenstände abfeilen 65.
Geißfuß 19.
Gelbe Beize 139.
Gesägtes Holz schnitzen 18.
Gesenkambos 109.
Gesenkhammer 109.
Gesimshobel 23.
Gesprungene Gläser kitten 155.
Gewinde 52.
Gewindebohrer 48, 52.
Gewindeeisen 51.
Gewindeschneidemaschine 52.
Glätten von Holz 69.
Glanzbrenne 137.
Glas ätzen 88.
Glas auf Holz kitten 162.
Glasblasemaschine 116.
Glas blasen 112.
Glasblasetisch 112.
Glas drehen 84.
Glaserkitt 162.
Glasfarben 147.
Glas kitten 162.
Glaskratzbürste 105.
Glas leimen 155.
Glaslinsen schleifen 84.
Glas löthen 150.
Glas poliren 85.
Glasröhren, enge, abschneiden 80.
Glasröhren absprengen 80.
» biegen 114.
» einseitig schliessen 115.
Glasröhren, Ränder ebnen 81.
Glasröhren, Rand umlegen 114.
Glasrohr-T-Stück 152.
Glas schneiden 79.
Glasschneider 80.
Glasstücke roh bearbeiten 81.
Glastinte 89.
Glas versilbern 135.
Glatthobeln 23.
Glattschlagen 97.
Goldfarbe 89.
Goldlack 138.
Grabstichel 19.
Graphit 131.
Graphittiegel 129.

Graviren 19.
Greifzirkel 11.
Grundiren 140.
Gummi, arabischer 156.
Gusseisen blank machen 138.
Gusseisen bronciren 138.
» feilen 64.
» meißeln 21.
» sägen 58.
Gussstücke abmeißeln 17.
Guttapercha 118.
Guttaperchalöthen 154.
Guttaperchaüberzug mit Draht 166.
Gyps brennen 120.

Hakenschaber 70.
Hakenstähle 32.
Halbmondstahl 32.
Halbschlichtfeilen 62.
Hämmer, kleine 167.
Handsäge 54.
Härten von Stahl 111.
Harter Kitt 162.
Hartgummi 118.
Hartholz leimen 156.
Hartloth 160.
Hartlöthen 154.
Harzkitte 161.
Hebelschaber 70.
Hebelscheren 75.
Heftmaschinchen 165.
Herz 35.
Hirnseite hobeln 24.
Hobel 22.
» eiserne 24.
Hobelbank 25.
Hobeleisen schleifen 24.
Hobelmaschinen für Holz 24.
Hohleisen 19.
Hohle Kautschukwaaren 118.
Hohlfutter 29.
Hohlgießen 127.
Hohlkehlen ausdrehen 132.
Hohlzirkel 11.
Holz und Glas verleimen 156.
Holz wasserdicht kitten 162.
» beizen 139.
» biegen 119.
» bohren 39.
» drehen 27.
Holzfeile 104.
Holzhammer 97.
Holzkeile und -nägel 167.
Holzkitt 163.
Holz lackiren und poliren 139.
Holz schleifen 70.
Holzschrauben 48.
Holzstäbe schnitzen 18.
Hornfeilen 60.
Horn löthen 154.
Hornplatten 119.
Horn spalten 79.

Imitation von Holz 141.

Juwelirkitt 156.

Kammsäge 57.
Karniesblei 91.
Käsekitt 162.
Kasette 147.
Kautschukballon 154.
Kautschuk bohren 12.
Kautschuk löthen 150.
Kautschukmesser 12.
Kautschukschläuche 153.
Kautschuk schneiden 11.
Kautschukstempel 117.
Kautschukstopfen 12.
Kehlhobel 24.
Keile, eiserne 167.
Keilen 163.
Kelle 123.
Kitt, elastischer 162.
» rasch erhärtend 162.
» langsam erhärtend 162.
Kitten 154.
Kittmesser 162.
Kittscheibe 30, 36.
Klötzchen aus Metall 67.
Kluppen, Gebrauch derselben 51.
Kluppe, kleine gerade 50.
» von Withworth 50.
Kneifzange 17.
» mit schiefem Maul 17.
Knickungen in Bleiröhren 91.
Knopfeisen 100.
Knopfhammer 100.
Knüpfen 163.
Korkbohrer 12.
Kork schleifen 70.
Kork schneiden 13.
Körner 7.
Körnung vergoldeter Theile 134.
Kratzbürste 105.
Kreiskratzbürste 105.
Kreissäge 56, 58.
Kreisschere 75, 96.
Kreistheilmaschine 20.
Kreuzmeißel 15.
Kronbohrer 58.
Kronsäge 57.
Kröseleisen 81.
Krummeisen 18.
Krystalle spalten 78.
Krystallplatten 85.
Kugel aus Glas 116.
Kugelgießen 128.
Kupferamalgam 161.
Kupferröhren biegen 91.
Kupfer schmelzen 130.

Lacke, farbige 138.
Lackiren von Messing 138.
» » Weißblech 138.
Längentheilmaschine 20.
Laubsäge 55.
» auf d. Drehbank 56.
Laubsägemaschine 56.
Leder abschrägen 12.
Lederfeile 104.
Lederformen 119.
Leder vergolden 142.
Legirungen 130.
Lehmformen 124, 129.
Lehren (Leeren) 9.
Leimen 154.
» glatter Körper 156.
Leimfarben 141.
Leimformen 122.
Leimtöpfe 155.
Leimvergoldung 142.
Leinsamenmehl 163.
Leitspindel 33.
Leitungen aus Glasröhren 152.
Lichtdruck 150.
Lineale 7.
Linien auf Leder 119.
» feine, einreißen 20.
Linsen fassen 91.
Loch, viereckiges 21.
Lochen 73.
Lochen dicker Eisenstäbe 77.
Lochmaschine 77.
Lochsäge 55.
Lochscheibe 76.
Löcher ausreiben 68.
» conische 68.
» erweitern 41.
» größere, nicht tiefgehend 40.
Löcher in Glas bohren 81.
» in Stein bohren 84.
Löcher, gut cylindrische 40.
» kleine tiefe 39.
» sehr große 46.
» sehr lange u. enge 40.
Löffelbohrer 50.
Löschspieß 106.

Loth 158.
Löthen dünner Drähte 157.
» von Gold u. Silber 161.
Löthen von vulkanisirtem Kautschuk 154.
Löthkolben 157.
Löthlampe 159.
Löthscheiben 36.
Löthungen nacheinander 148.
Löthwasser 158.
Lunette 28, 37.

Malen 143.
» auf Glas 146.
Mantel zur Form 121.
Marineleim 162.
Maßstäbe 9.
Materialienschränke 172.
Matt ätzen 89.
Mattbrenne 137.
Mattpolitur 139.
Mattpunze 102.
Maurerhammer 78.
Meißel 15, 21, 31, 79.
Messer 15.
» rotirende 12.
Messerfeile 63.
Messing auf Glas kitten 162.
» feilen 64.
» goldglänzend machen 138.
Messing gießen 129.
» irisiren 137.
» löthen 160.
» schwärzen 137.
» und Glas verlöthen 161.
Messing tief graviren 21.
Messingdraht biegen 92.
Messingniederschläge 133.
Messingröhren biegen 91.
Messinstrumente 1.
Metall bohren 41.
» färben 133.
» gießen 126.
Metallhobelmaschinen 26.
Metallisiren 133.
Metallsäge 57.
Metall schaben 69.
» schleifen 70.
Metallwaaren, kleine 77.
Mitnehmer 35.
Moiriren von Weißblech 89.
Mörtel 123.

Nadelfeile 63.
Nadelzange 65.
Nagelbohrer 41.
Nageln 163.
Nähen 163.
Naphtalöthkolben 158.
Negativ 148.
Neusilber löthen 161.
Neutralisiren 131.
Nieteisen 165.
Nieten 163.
Nietenzieher 164.
Nietnägel 164.
Nietpunzen 164.
Nuthhobel 23.

Oeffnung ausmeißeln 15.
Oelfarben 140.
Oelkanne 37.
Oelvergoldung 142.
Oertersäge 54.
Oesendrücker 102.
Ofenkitt 163.
Ofenrohrlack 136.

Papier schneiden 15.
Papier z. Zeichnen 143.
Papierformen 127.
Papierscheren 74.
Papierteigformen 122.
Pappe, Curvenschneiden 14.
Pappe, Löcher ausschlagen 14.
Pappe schneiden 13.
Paraffinplatte bohren 90.
Parallelschraubstock 61.
Patentgummiwaaren 118.
Patentkneifzange 17.
Patentschraubzwinge 155.
Patrone 53.
Photographie auf Glas 150.
Photographien beschneiden 15.
Photographiren 143.
Pigmentpapier 149.
Pinnen 37.
Pinsel zum Tuschen 145.
Planscheibe 36.
Platinblech auflöthen 157.
Platiniren von Glas 136.
Platin löthen 161.
Platinschmelzofen 130.
Platin verschmelzen 152.
Platte biegen 93.
» für d. Reitnagel 43.
Plattiren 135.
Poliment 142.
Poliren von Hartgummi 118.
» von Metall 103.
Polirfeile 104.
Polirhammer 97.
Polirkette 104.
Polirpulver 104.
Polirroth 104.
Polirscheibe 105.
Polirstahl 103.
Polirstock 98.
Politur 140.
Poussirgriffel 123.
Präcisionsinstrumente 1.
Pressen von Kautschuk, Horn, Leder Holz 117.
Produktionsinstrumente 1.
Profilirte Blechstreifen 96.
Punzen 101.

Quadratfeilen 63.

Räderschneidemaschinen 67.
Radiren 145.
Randeriren 102.
Randerirstahl 102.
Rand umbiegen 98.
Rand umlegen bei Glasröhren 114.
Raspeln 59.
Raumlöffel 129.
Register 53.
Reibahlen 68.
Reifen 166.
Reifkloben 62.
Reinigen von Glasröhren 113.
Reißbrett 143.
Reißfeder 144.
Reißnadel 7.
Reißnägel 143.
Reißschiene 143.
Reißzeug 144.
Richtplatte 9, 97.
Riffelfeilen 63.
Ring aufziehen 166.
Ritzer 13.
Röhre 30.
Röhren biegen 91.
» cylindrische 98.
» gewundene 98.
» ausschweifen 100.
» einziehen 100.
Rohrabschneider 17.
Rohrleitungen verkitten 162.
Rohrmaß 8.
Root's Gebläse 105.
Rothbraune Beize 139.
Rothe Beize 139.
Rückensäge 55.
Rundeisenschneider 74.
Rundhobel 23.
Rundmaschine 98.
Rundstahl 32.
Rundzange 91.

Sackloch 46.
Sägefeile 54.

Sägen 54.
» weicher Metalle 57.
» dünner Bleche 57.
Sammt bügeln 119.
Sand aufwerfen 86.
Sattlermesser 12.
Schaben 68.
Schaber 69.
Schale 100.
Schattirung 145.
Scheiben auftiefen 99.
» aufziehen 100.
» drehen 29.
» undurchbohrte drehen 30.
Scheren 73.
Scherkluppen 48.
Schiffhobel 23.
Schlägel 19.
Schlagloth 160.
Schlagpinsel 141.
Schleifen der Spiralbohrer 41.
Schleifkluppen 71.
Schleifmittel 70, 72.
Schleifsteine 72.
Schlichten 100.
Schlichthobel 23.
Schlichtstahl 32.
Schliffe 86.
Schmieden 105.
Schmieden von Kupfer, Silber, Gold, Platin 112.
Schmiedeeisen härten 111.
» sägen 58.
» meißeln 21.
Schmiedeesse 105.
Schmiedezange 107.
Schmirgel 71.
Schmirgelfeile 71.
Schmirgelscheibe 71, 72.
Schneidbrett 13.
Schneide 27.
Schneiden von Kautschuk, Leder, Kork, Papier Pappe 11.
Schneidkluppen 49.
Schneidlineale 13.
Schneidwinkel 14.
Schneidzeug 47.
Schneidzirkel 14.
Schnitzbank 18.
Schnitzer 18.
Schnitzmesser 18.
Schrägmaß 11.
Schränkeisen 54.
Schraube, abgebrochene, entfernen 87.
Schrauben 163.
» von gleicher Dicke 49.
Schrauben v. Horn, Bein etc. 54.
Schraubenbohrer 39.
Schraubenfutter 29, 36.
Schraubenköpfe rändeln 102.
Schraubenschlüssel (engl.) 168.
Schrauben schneiden 47.
Schraubenzieher 168.
Schraubknecht 155.
Schraubrolle 38.
Schraubstahl 53.
Schraubstock 60.
» kleiner 62.
Schraubzwinge 155.
Schropphobel 23.
Schrotmeißel 16.
Schwärzen optischer Instrumente 137.
Schwärzen von Messing 137.
Schwalbenschwanzverbindung 167.
Schwarz beizen 139.
Schweifsäge 54.
Schweißen 150.
Senkblei 11.
Sickenhammer 99.
Sickenmaschine 96.
Sickenstock 99.
Siegellack 161.
Silberloth 160.
Spalten 77.
Spannbacken 62.
Spannen 163.
» von Blech 97.
Sperrhorn 97.
Sphärometer 9.
Spiegel belegen 135.
Spinnen 163.
Spiralbohrer 39, 43.
Spitzbohrer, einschneidiger 42.
Spitzbohrer, großer 41.
« zweischneidiger 41.
Spitzhammer 78.
Spitzstahl 32.
Stäbe abdrehen 37.
Stahl schweißen 151.
» tief graviren 20.
» verbrennen 112.
Stahlblech, hartes bohren 87.
Stahldorn 110.
Stahlkeile 169.
Stahltrimmer 15.
Stahlwaaren, dünne härten 112.
Stangenzirkel 10.
Stanze 101.
Stauchen 108.
» v. Bleiröhren 91.
Stechbeitel 19.
Stecheisen 14.
Stehknecht 25.
Steinbohrer 79.
Stein drehen 84.
Steine fassen 91.
Steine, große harte 79.
Steinsäge 82.
Stein schleifen 77, 82.
Stein spalten 78.
Stemmeisen 19.
Stemmen 19.
Stereotypiren 127.
Stichflamme 114.
Stichstahl 31.
Stielklöbchen 65.
Stöckchen 100.
Stockschlüssel 169.
Stopfen von Löchern in Glasröhren 153.
Stöpsel einschleifen 86.
Strecken von Bleiröhren 91.
Streicheisen 119.
Streichmaß 8.
» stehendes 9.
Strich 71.
Strichpinsel 141.
Support 33.

Tafelschere 76.
Tapezieren 156.
Theilformen 121.
Theilmaschine f. Maßstäbe 20.
Thermosäule 131.
Tief stanzen 101.
Tiegel, hessische 129.
Tischlerleim 155.
Treiben 100.
Treibkitt 101.
Treibkugel 101.
Trichter 98.
Trichterspitzen 37.
Trocken schleifen 73.
Trompete 100.
Tuch auf Metall leimen 156.
Tusche 145.
Tuschirmethode Günzberg's 146.
Typenwalze 127.

Uebertragen d. Zeichnung 6.
Uhrgläser ausschneiden 81.
Umschlageisen 98.

Ventilator 105.
Vergolden 133, 139.
Vergoldung auf Holz 142.
» auf Leder 142.
» auf Glas 136.
Vergrößerung, photographische 148.

Verkupfern 133.
» von Eisen 134.
Verlängern einer Glasröhre 152.
Verlöthen von dickem und dünnem Blech 158.
Vernickeln 133.
» durch Ansieden 134.
Versenkbohrer 67.
Versilbern 133.
Vertiefungen einschleifen 85.
Verzinken 167.
Verzinnen mit geschmolzenem Zinn 135.
Verzinnen durch Ansieden 134.
Vogelzungenfeile 63.
Vorfeile 62.
Vorgelege 34.
Vorlage, Stellung derselben 31.
Vulkanisirapparat 118.
Vulkanisiren von Guttapercha 118.
Vulkanisiren v. Kautschuk 117.

Wachs löthen 152.
Wachspolitur 139.
Wachs poussiren 123.
Walkerholz 124.
Walzen 95.
Wälzmaschine 67.
Wasserbeständiger Leim 156.
Wasserstein 171.
Wasserwage 11.
Weben 163.
Wechselräder 33.
Weichlöthen 154.
Weißes Holz poliren 140.
Weiß sieden 89.
Welle, biegsame 40.
Wendeeisen 39.
Werkstätte 170.
Werkzeugschrank 171.
Wiener Kalk 104.
Windpfeifen 125.
Winkel 11.
Wischer 146.
Wulstmaschine 97.

Zahlenpunze 102.
Zahnfeile 63.
Zahnräder 65.
Zapfenbohrer 41.
Zapfen schmieden 109.
Zeichnen 143.
Zeichnung hell auf dunkel 146.
Ziehbank 95.
Zieheisen 95.
Ziehklinge 69.
Zinkblech, dickes zerschneiden 22, 90.
Zinkfeile 104.
Zink gießen 128.
Zink schwärzen 138.
Zinnasche 104.
Zinn feilen 60.
Zinn formen 127.
Zinn gießen 126.
Zirkel 10, 144.
Zuleitungsdraht 131.
Zuschärfungswinkel 27.

Register zu Abschnitt II.

Achse, angeschraubte 248.
» eingekittete 182.
» eingetriebene 193.
» mit Conus 244.
» mit Spitzen 243.
» zwisch. Spitzen 243.
» mit Zapfen 244.
Aeolus 276.
Arbeit, eingezogene 211.
Archimedische Schraube 275.
Armatur 203.
Aufkeilung 205.
Aufliegende Hülse 215.
Auslösung 282.
» elektromagnetische 283.
Ausrückung für Riemen 283.
» für Zahnräder 283.
Auszugröhre 259.

Backenbremse 281.
Bajonettverschluss 230.
Ballon 200, 222.
Band ohne Ende 273.
Band- od. Gurtbremse 284.
Bandfeder 195.
Bandklemme 195.
Bandspiralfeder, conische 196.
Befestigung d. Splint und Schraube 206.
Befestigung d. Vierkant u. Schraube 206.
Befestigung einer Glasscheibe 207.
Beutelverschluss 231.
Bifilare Aufhängung 249.
Blasebalgauszug 262.
Blech, übergedrücktes 191.
Blechcharnier 251.
Blechfassung für Glasscheiben 210.
Blechfassung, übergedrückte 211.
Blechfuß, gedrückter 224.
Blechhülse 238.
Blechkessel, gefalzter 201.
Blechklammer 214.
» für Glasröhren 214.
Blechrahmen, übergebogener 191.
Blechröhrengestell 225.
Blechtrog, genietet 201.
Blechvernietung 192.
Bleifuß 223.
Boden, angeschraubter 203.
Bogendreieck 272.
Bogenschlitten mit Wurmschraube 307.
Bogenstück 234.
» aus Rippen verleimt 185.
Brennerbefestigung 217.
Büchse aus Messingblech 212.
Büchse aus Sechskanteisen 212.
Bügel, angeschraubter 214.
» aus Flacheisen 226.

Charnierverschluss 303.
Contacträdchen 294.
Contrafilare Aufhängung 249.
Conus mit Flantsche 237.
Conusverbindung 236.
Curvenführung 256.
Curvenscheibe, ebene 273.
Cycloidenpendel 258.
Cylinder mit Nuth 254.
Cylinderführung mit Rollen 255.

Dampfmaschinenschieber 290.
Daumenwelle 273.
Deckel, aufgeschraubter 202. 231.
Deckel, eingeschraubter 229.
» mit Bügel und Schraube 229.
Deckel aus Pappe 228.
» m. Wasserverschluss 232.
Deckel, übergeschraubter 229.
Diamantfassung 212.
Differentialbremse 284.
Differentialgetriebe 270.
Doppelmuffe 297.
» drehbare 297.
Doppelschiffchen 220.
Doppeltaster 295.
Doppelte Wurmschraube f. Streifen 291.
Doppelter Schwalbenschwanz 255.
Drähte, eingehakte 189.
» zusammengebundene 190.
Drähte, zusammengedrehte 189.
Drahtbürste 294.
Drahtdreieck 222.
Drahtdreifuß 223.
Drahtführung 258.
Drahtgeflecht 188.
Drahtgelenk 250.
Drahthäkchen 213.
Drahtklemme, einfache 195.
» mit Spirale 195.
Drahtspiralfeder, conische 196.
Drahtspiralfeder, cylindrische 195.
Drahtspule 187.
Drahtverbindung 250.
Drehbankvorgelege 269.
Drehscheibe 288.

Dreieck, geschweißtes 222.
Dreifuß, eiserner 224.
» genieteter 223.
» geschlitzter 223.
Dreitheiliger Ringkeil 207.
Dreiweghahn 290.
Drosselklappe 288.
Dübbel 192.

Einfügung eines Glascylinders 242.
Einschalige Bremse 284.
Einspringende Feder 304.
Einzugschnecke 273.
Eisenring, aufgeschweißter 180.
Eisenring, geschweißter 180.
Eisenstab, angeschweißter 180.
Excenter mit Nachstellung 272.
Excenterhebevorrichtung 303.
Excenterklemme mit gerader Feder 299.
Excenterschnurklemme 299.

Falz 190.
» liegender doppelter 191.
» stehender » 191.
Falzstreifen, übergeschobener 190.
Fasshahn 290.
Fassung, eingeschraubte 234.
Fassung für Pinsel 211.
» für rotirende Scheiben 210.
Fassung für Stäbchen 211.
» für Verschraubung 234.
Fassung, übergedrückte 211.
Feder mit Ansatz 195.
» mit Zahn 304.
» zusammengesetzte 196.
Federsuspension 249.
Federverschluss 230.
Fenster, großes 231.
» kleines 230.
» ohne Verkittung 204.
Fernrohrstativ m. Gelenken 302.
Fischerknoten 187.
Flantsche, angelöthete 216.
» einfache 235.
» f. Gasröhren 235.
» f. starken Druck 236.
Flantsche mit Arbeitsleiste 236.
Flantsche mit Ring 235.
Flantschenklemme 301.
Flantschenverbindung 242.
Flügelrad 275.
Friktionskegelräder 268.
Friktionslappen 207.
Friktionsprisma 207.
Friktionsräder 246.
Friktionsscheibe 268.
Führung durch zwei Prismen 255.
Führung durch zwei Stangen 254.
Fuß aus gedrücktem Blech 223.
Fußbodenzwinge 298.

Gabelgelenk 251.
Galle's Laschenkette 192.
Gasröhrengelenk 263.
Gasröhrengestell 225.
Gasröhrenhaken 213.
Gasrohrkreuzstück 233.
Gasrohrreduktionsmuffe 233.
Gasrohr-T-Stück 233.
» » m. Ansatz 217.
Gasrohrwinkel 233.
» mit Ansatz 217.
Gegenkurbel 271.
Gegenschraube vordere 197.
Gehrungszwinge 298.
Gelenk, einseitiges 250.
Gelenkklemme mit Spiralfeder 299.
Gestell aus Gusseisen 227.
» aus Rund- u. Flacheisen 225.
Gestell aus Winkeleisen 226.
Gewebe 188.
Gewichtauslösung 281.
Gewicht m. Arretirung 281.
Gitterträger 227.
Glascylinderverschluss 231.
Glashahn 289.
Glaskasten 202.
Glasplatte, aufgekittete 204.
Glasröhre, eingekittete 182.
Glasröhrenfassung, aufgeschraubte 235.
Glasrohr durch Schraube befestigt 215.
Glasrohreinsatz 180.
Glasrohr mit Wulst 215.
Glasrohrstück, verjüngtes 240.
Glasrohrstück, verzweigtes 240.
Glasrohr-T-Stück 179.
Glasrohrverlängerung 179.
Glastrog mit parallelen Wänden 200.
Glasverschluss, doppelter 230.
Glasverschluss, doppelter mit Flüssigkeitssperrung 232.
Glaszapfen 228.
Göpel 280.
Griff, angenieteter 277.
» hölzerner mit Blechfassung 277.
Griff, radförmiger 279.
Gummiball 282.
Gypspfropf 238.

Hahn, selbstdichtender 290.
Haken mit Anker 219.
» mit Mutter 217.
» u. Ringe 217.
» verschiebbarer 218.
Hakenschraube 213.
» als Achse 248.
Hakenverbindungen 190.
Handgriff, beweglicher 277.
» mit Umhüllung 277.
Handkurbel 278.
Hängelager 246.
Hängesäule 227.
Heft, hölzernes 277.
» mit durchgehender Schraube 277.
Herz 296.
Holzfassung für dünne Röhren 209.
Holzgefäß mit Reifen 202.
Holzgestell mit eisernen Streben 225.
Holzgestell m. Streben 224.
Holzrahmen f. Glasscheiben 210.
Holzrahmen f. Papier 210.
Holzschraube mit viereckigem Kopf 197.
Holzstativ 224.
Holzzapfen 228.
Hülse mit Korken 216.
Hülsencommutator 296.
Hülsenklemme 214, 300.

Kammzapfen 247.
Kautschukring 238.
Kautschukunterlegscheibe 199.
Kautschukventil 285.
Kautschukverbindung 179.
Kegelklemme 300.
Kegelräder 267.
Kegelventil 286.

Keilverbindung 193.
Kette 190.
Kettentransmission 266.
Kitthülse 215.
Klammerverbindung 194.
Klappenventil 285.
Klauenkuppelung 283.
Klemme, aufliegende 216.
» mit Schutzvorlage 297.
Klemme mit vier Schrauben 296.
Klemme mit zwei Backen 299.
Klemme, selbstthätige 194.
Klemmschraube, stehende, doppelte 292.
Klemmschrauben 291.
Knebeldrücker 278.
Knopf 276.
» m. excentrischer Bohrung 218.
Knopf mit seitlicher Oeffnung 218.
Knopfverschluss 304.
Knoten, doppelter 187.
» einfacher 187.
» leicht lösbarer 187.
Kolben, massiver 259.
» mit Hanfdichtung 259.
Kolben m. Ledermanschette 260.
Kolben mit Lederscheibe 260.
Kolben mit Metallliederung 260.
Kopfschraube f. Metall 198.
» m. Ansatz 198.
Korkklemme 214.
Kork- u. Kautschukstopfen 228.
Kreuzknopf 188.
Kronrad 267.
Krummachse 271.
Kugel, aufgehängte 220.
Kugelführung 257.
Kugelgelenk 257, 263.
Kugelventil 286.
Kugelverschluss 304.
Kundt'sche Glasfeder 263.
Kupferkessel 201.
Kuppelstange für Kurbeln 264.
Kuppelstange für Räder 264.
Kuppelung f. Gestänge 208.
» mit Splint 208.
Kurbel, angeschraubte 279.
» mit Gasrohr 279.
Kurbelschleife 272.
Kurbelzapfen 270.

Lager, gegossenes 245.
» geschmiedetes 245.
» polygonales 243.
» zweischaliges 246.
» zweitheiliges 245.
Langholzverbindung 186.
Laschenkette 190.
Laschenkettentransmission 266.
Lederband 250.
Leimen von Pappe und Leder 184.
Linsenfassung in gefurchtem Draht 211.
Linsenfassung mittels Blechring 210.
Linsenfassung mittels Drahtring 211.
Löthung im Winkel 184.
» mit Abkantung 184.
» mit Hartloth 184.
» von Blech 183.
» von Bleiröhren 183.

Mehrschlitziges Gelenk 253.
Membranverschluss 230.
Messerschluss 304.
Messingfassung für Glasscheiben 210.
Messingfassung für starke Röhren 209.
Messingfassung für weite Röhren 209.
Messingfassung, übergedrückte 191.
Metalltischchen 226.
Muffenkuppelung 208.
Muffenverbindung 197.
» von Eisenröhren 182.
Muffenverbindung von Glasröhren 183.
Muffenverschraubung 209.
Mundstück, eingeschliffenes 193.

Nadeln, eingeschmolzene 182.
Nasenkeil 205.
Netzwerk 221.
Niederschraubhahn 289.
Nietung 191.
» dicker Stangen 192.
Nussband 251.
Nuth und angestoßene Feder 185.
Nuth und eingesetzte Feder 185.

Oese in Leder oder Tuch 212.
Oese, gebundene 188.
» geflochtene 188.

Pappschachtel 200.
Pendel 249.
Planetenrad 269.
Platindraht, eingeschmolzener 181.
Platinelektrode 181.
Platte, schwimmende 221.
Plattenventil 287.
Plattstichknoten 187.
Pleuelstangenkopf 271.
Presse mit einer Schraube 298.
Presse mit zwei Schrauben 298.
Prisma, fünfkantiges 255.
» vierkantiges 254.
Prismabefestigung 206.
Prismenführung mit Rollen 256.
Pumpen, rotirende 275.

Quecksilbernäpfe m. Bügel 293.
Quecksilberverschluss, doppelter 232.
Querstäbchen 190.
Quetschhahn 288.

Reductionskreuzstück 234.
Reductions-T-Stück 234.
Reductionswinkel 233.
Regulirventil 287.
Reibungskuppelung 284.
Reif m. Verschraubung 200.
Riegel mit Griff 305.
Riemenführung 258.
Riementransmission 265.
Ring 222, 276.
» beweglicher 218.
» cardanischer 253.
» drehbarer 247.
» geschlitzter 216.
» verstellbarer 301.
Ringfeder 196.
Ringklemme, geschlitzte 297.
Ringzapfen 247.
Rinne, excentrische 273.
Rohr, angebundenes 213.
» drehbares 262.
» mit Anschlag 281.
Rohreinstellung mit Trieb 303.
Rohrgeflecht 189.
Rohrklemme 194.
» mit Gelenk 300.
Rohrverbindungsklemme 301.

Röhre, angebundene 221.
Röhrenvernietung 192.
Röllchenschnurklemme 299.
Rolle mit Schere 244.
» zum Nachstellen 266.
» zwischen Stellringen 248.
Root's Gebläse 275.

Saitenschlösschen 212.
Saitentransmission 265.
Satellitenrad 269.
Schalenkuppelung 208.
Schauermann's Knopf, doppelter 188.
Schaufelführung 258.
Scheibe, eingekittete 182.
» excentrische mit Ring 272.
Scheibencommutator 295.
Scheibenkuppelung 208.
Schere, verschraubte 245.
Schieber 289.
Schiffchen für eine Nadel 219.
Schiffchen für Röhren 220.
» für einen Stab 220.
Schippenband mit Kloben 251.
Schlagleiste 281.
Schlauchbefestigung 194.
Schlauchfassung 235.
Schlauchklemme 288.
Schlauchstück 239.
» verjüngtes 239.
Schlauch-T-Stück 239.
Schlauchverbindungsstück 240.
Schleiffeder 294.
Schließring 190.
Schliff 240.
» mit Federverbindung 240.
Schliff mit Quecksilberdichtung 241.
Schliff mit Schraubenverbindung 241.
Schlitzhemmung 281.
Schlüssel 294.
Schlüsselgriff 278.
Schneide, aufgeschraubte 250.
Schneide, eingeschraubte 249.
Schneide, eingetriebene 250.
Schraubbolzen mit Conus und Zahn 199.
Schraubbolzen mit Mutter 198.
Schraubbolzen mit Bart 198.
Schraubbolzen mit Zahn 198.
Schraubbolzen mit zwei Gewinden 199.
Schraubbolzen mit Splint 198.
Schraube 256.
» mehrgängige 257.
» flachköpfige 197.
» mit cylindrischem Kopf 197.
Schraube, vor- und rückläufige 274.
Schrauben, rundköpfige 197.
Schraubencontact 293.
Schraubenführung 274.
Schraubenkopf 278.
» angegossener 181.
Schraubenmutter, geschlitzt 194.
Schraubenmuttersicherung 199.
Schraubenschnurklemme 299.
Schraubenverbindung von Riemen 200.
Schraubhahn mit Conus 289.
Schraubzwinge 297.
Schubdeckel 228.
Schubzange 195.
Schwalbenschwanzführung 255.
Schwalbenschwanzverbindung 186.
Schwimmer, verankerter 221.
Seilverbindung 212.
Selbstthätige Zange 303.
Sicherungsschraube mit Splint 199.
Silberstreif, eingelegter 191.
Spannrolle 265.
Sperrrad 282.
Spiralfeder, ebene 196.
Spiralglasfeder 263.
Spiralhaken 218.
Spitze und Hütchen 243.
Spitze und Pfanne 243.
Spitzengrund 189.
Splint, durchgesteckter 205.
Sprengel'sche Pumpe 286.
Spulencommutator 296.
Stab, aufgelötheter 183.
» eingekitteter 183.
» eingeschraubter 196.
» schwimmender 221.
Stange, cylindrische 254.
» mit Ansatz 197.
Stangengelenk 252.
Stangenverlängerung 196.
Stangenvernietung 192.
Stativ, großes 302.
» mit Ringen und Klemmen 302.
Stativklemme 297.
Stellringe 247.
Stellschraube 207.
Steppnaht 189.
Stift, eingelötheter 184.
» eingetriebener 193.
Stifthemmung 280.
Stiftschraube mit Vierkant 199.
Stirnkurbel 270.
Stirnrad 267.
Stopfbüchse mit Flantsche 262.
Stopfbüchse mit Hanfdichtung 261.
Stopfbüchse mit Lederring 261.
Stopfbüchse mit Manschetten 261.
Stopfbüchse mit Muffenverbindung 261.
Stopfbüchsenverbindung 242.
Stopfen, durchbohrter 237.
Stopfensicherung 238.
Stöpselcontact 293.
Storchschnabel 264.
Strebeleiste, eingezapfte 186.
Stundenradauslösung 285.

Tausplissung 188.
Teufelsschluss 194.
Thürbänder 252.
Thürdrücker 305.
Thürfalle 305.
Tisch einer Hobelmaschine 303.
Tischchen mit Hülsenklemme 302.
Tischchen mit Zahnstange 302.
Tragring 219.
Tragstab 219.
» für Ketten 219.
Transmission m. Universalgelenk 268.
Triebe, halbverzahnte 274.
Trittbrette 279.
Trog aus Glasplatten 202.
T-Stück, geschweißt 181.

Ueberfalzung 185.
» von Röhren 191.
Ueberplattung 185.

Ueberwindungsnaht 189.
Ueberwurfschraube mit Ansatz 209.
Ueberwurfschraube mit Conus 209.
Uhrgestell 226.
Universalgelenk mit Kreuz 253.
Universalgelenk mit Ring 253.

Ventil, leicht zugängliches 287.
Ventil mit Oeffnungsspannung 286.
Ventil mit Schließspannung 286.
Ventil mit Spannvorrichtung 287.
Verankerung 203.
Verbindung auf Nuth, Feder, Gehrung 186.
Verbindung durch Ueberfangschraube 236.
Verbindung d. Winkeleisen 202.
Verbindung eines Prisma mit Draht 293.
Verbindung mittels Oesen 189.
Verbindung, schräge 237.
Verbindung von Draht und Blech 292.
Verbindung von Metall- und Glasrohr 242.
Verlängerung 185.
Verlängerungsknoten 187.
Verschiebbares Zahnrad 267.
Verschluss durch Blase 205.
Verschlusshaken 304.
Verstählung 180.
Verzinkung 186.
Vorreiber, doppelter 305.
Vorsteckstift 205.

Wagebalken 264.
Wagschale 220.
Walzencommutator 295.
Wasserabsperrung 241.
Wassertrommelgebläse 276.
Wasserverschluss 232.
Watt's Parallelogramm 258.
Weberknoten 187.
Wechselgetriebe 274.
Welle, biegsame 269.
» gekröpfte 271.
Windflügel 285.
Windkasten 203.
Winkelhebel 264.
Wippe 295.
Wirkwaare 189.
Wurmschraube 268.

Zahn, eingesetzter 193.
Zahnkuppelung 283.
Zahnrad mit Trieb 266.
» mit innerer Verzahnung 267.
Zahnrad, verschiebbares 267.
Zahnstange 274.
» mit Sperrung 281.
Zange mit Schraube 300.
» mit Spannring 300.
Zapfen, conischer 247.
» drehbarer m. Nuth 246.
Zapfen zum Spannen 301.
Zargenstück aus Rippen verleimt 185.
Zirkelgelenk 252.
Zopf 188.
Zusammenschlitz 186.
» mit eingesetzter Feder 186.
Zweitheilige Rohrklemme 300.
Zwinge, amerikanische 298.

Tafelerklärungen.

Tafel	Figur		Seite
I		Geometrische Constructionen	308—310
II	1—3	Projection eines Langwürfels	310
	4—6	Projection eines regul. sechsseitigen Prismas . .	310
	7—9	Projection eines regul. Oktaeders	310
III	1—3	Projection eines Kegels	310
	4	Projection des Durchschnitts eines Kegels und einer Ebene	310
	5	Projection des Durchschnitts eines Cylinders und quadratischen Prismas	310
IV	1—3	Projection einer Schraube	310
	4—10	Parallelperspective	311
V	1—5	Schnittcurven in abwickelbaren Flächen	311
	6—7	Malerische oder conische Perspective	311
VI		Mechanische Vorrichtungen	321—324
VII		Mechanische Vorrichtnngen (φ = Reibungswinkel, d. h. tg φ = Reibungscoefficient.)	323—329
VIII	1 u. 2	Kreis- und Längentheilmaschine	20
IX	1	Holzdrehbank	28
	2	Läubsägevorrichtung für die Drehbank	56
X		Metalldrehbank mit Leitspindel	33
XI		Metallbohrmaschine	44
XII	1	Drehbank mit fliegender Spindel	53
	2	Sickenmaschine	96
XIII	1	Selbstcentrirendes Drehbankfutter	37
	2	Lochstanze	77
	3	Ventilatorfeldschmiede	105
	4	Patentschraubzwinge	155
	5	Gaslöthkolben	158

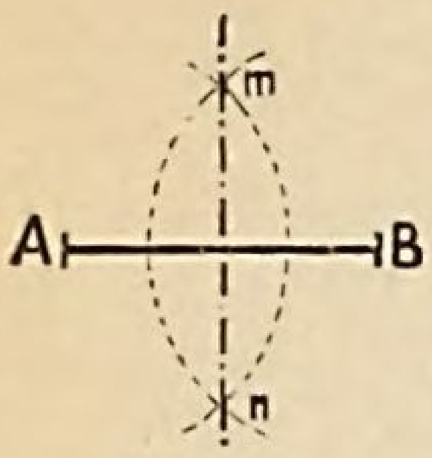
Tafel	Figur		Seite
XIV	1 *a*	Walzen zur Sickenmaschine	96 u. 99
	1 *b* u. 1 *c*	Blechring und Scheibe auf der Sickenmaschine bearbeitet	96 u. 99
	2 *a*—*c*	Umbördeln auf der Sickenmaschine	96 u. 99
	3	Abkantemaschine	97
XV	1—4	Abkanten auf der Abkantemaschine	97
	5—6	Falzen auf der Sickenmaschine	163
	7—9	Drahteinlegen auf der Sickenmaschine	99
XVI	1	Ziehbank	95
	2 *a*—*b*	Wulstmaschine und Querschnitt derselben	97
	2 *c*—*d*	Wulste auf der Wulstmaschine hergestellt	97
XVII	1	Presse als Stanz- und Prägemaschine	101
	2	Kreisschere	75

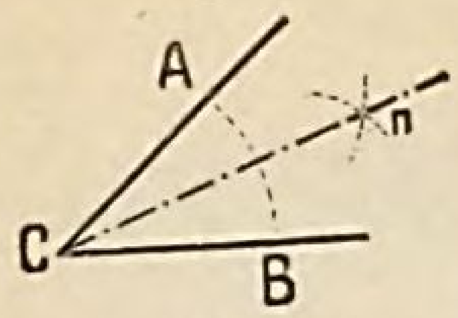
Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

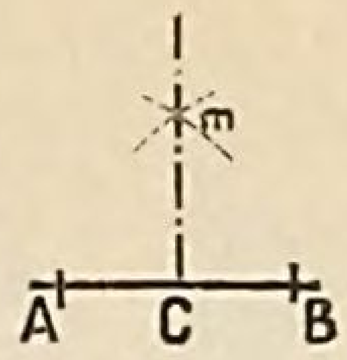
Berichtigungen.

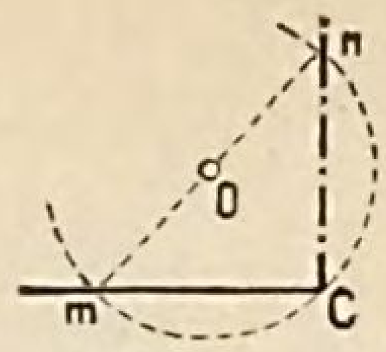
Seite 1 Zeile 5 von oben nach »gestatten sie« ist einzuschalten: »abgesehen von dem hypothetischen Lichtäther und ähnlichen unwägbaren Medien«.

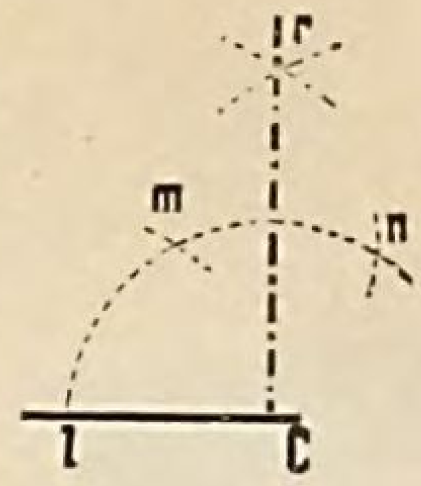
Seite 10 Zeile 6 von oben statt: untern lies: andern.
» 10 » 7 » » » zweifach » π-fach.
» 23 » 8 » » » Fig. 46. » Fig. 45 u. 46.
» 30 » 2 » unten » verschiedener Größe » verschiedenen Größen.
» 33 » 12 » » » Fig. 71 » Fig. 71 u. Taf. X, Fig. 1.
» 34 » 4 » » » schneide » schneidet
» 37 » 1 » oben » Taf. XIII » Taf. XIII, Fig. 1.
» 37 » 11 » unten » Pinnen » Pinne
» 38 » 15 » oben » im Drehbankfutter » ein Drehbankfutter.
» 48 » 8 » » » co axial » conaxial
» 60 » 2 » unten » Fig. 134 » Fig. 134 u. 135.
» 62 » 1 » » » Fig. 142, 143 » Fig. 141 u. 142.
» 63 » 2 » oben » Vogelzungen, Zahnfeilen (Fig. 145) » Vogelzungenfeilen (Fig. 145), Zahnfeilen (Fig. 143).
» 69 » 10 » unten » eingelegten » umgelegten.
» 70, ebenso S. 140, 141 u. 174 statt: Bimsstein » Bimstein.
» 75 Zeile 8 von unten statt: Taf. XII, Fig. 1. » Taf. XVII, Fig. 2.
» 77 » 3 » oben » Taf. XIII, Fig. 1 » Taf. XIII, Fig. 2.
» 77 » 8 » » » Fig. 182, Taf. XIII Fig. 2 » Fig. 180 u. Taf. XVIII, Fig. 3.
» 97 » 3 » unten » Taf. XIV, Fig. 1 » Taf. XIV, Fig. 3.
» 97 » 1 » » » Taf. XIV, Fig. 5 » Taf. XVI, Fig. 2 *c*, *d*.
» 101 » 15 » » » Fig. 218. » Fig. 218 u. Taf. XVII, Fig. 1.
» 121 » 5 » oben » unconvexer » ein convexer.
» 138 zu ergänzen: »Der beste Goldlack ist reine filtrirte Schellacklösung, welche mehrere Jahre sich selbst überlassen wurde und in Folge davon dunkelgelbe Farbe angenommen hat«.
» 147 Zeile 6 von oben statt: »Eigentliche Glasfarben dürften . . .« lies: »Eigentliche Glasfarben, die . . ., dürften . . .«
» 148 Zeile 8 von unten statt: in 200 Wasser lies: in 200 heißem Wasser, welche abgekühlt und dann filtrirt wurde.
» 153 Ueberschrift statt Kautschuck lies: Kautschuk.
» 154 Zeile 10 von oben statt: derselben lies: der Schläuche.
» 156 » 10 » » » leicht durchlässig » licht durchlässig.
» 249 2) Zeile 4 » » » in einer Ebene » in einer nahezu ebenen Fläche.
» 266 Paginirung statt 26 lies 266.

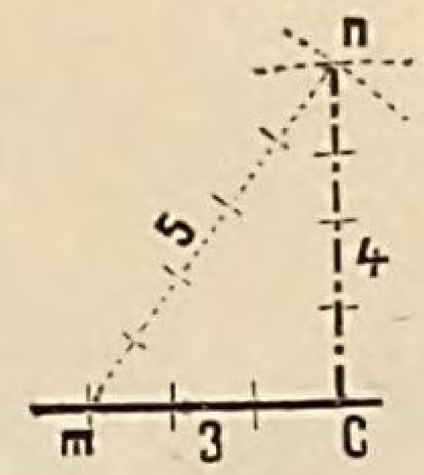

Fig. 1.

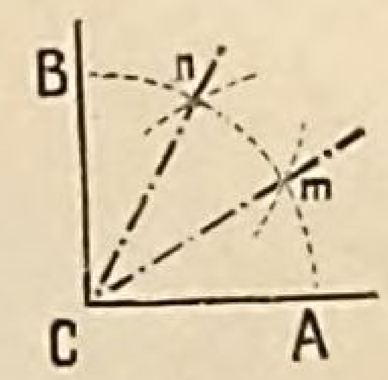

Fig. 2.

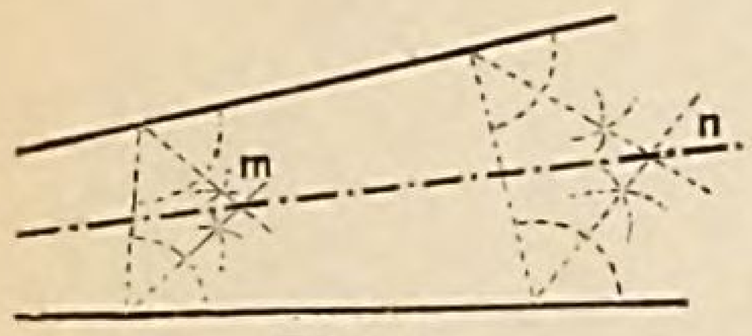

Fig. 3.

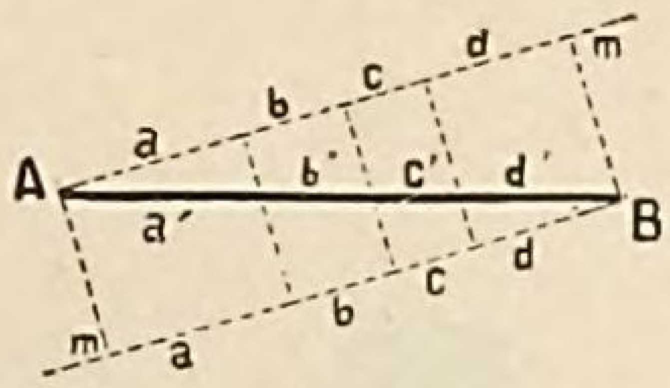

Fig. 4.

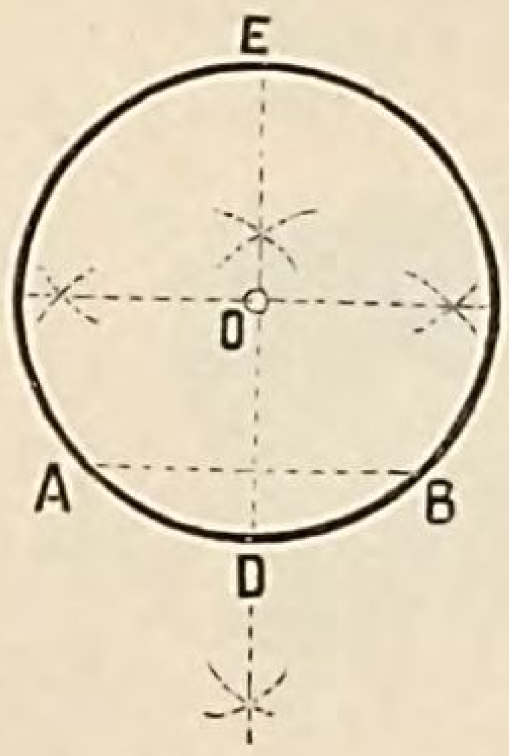

Fig. 5.

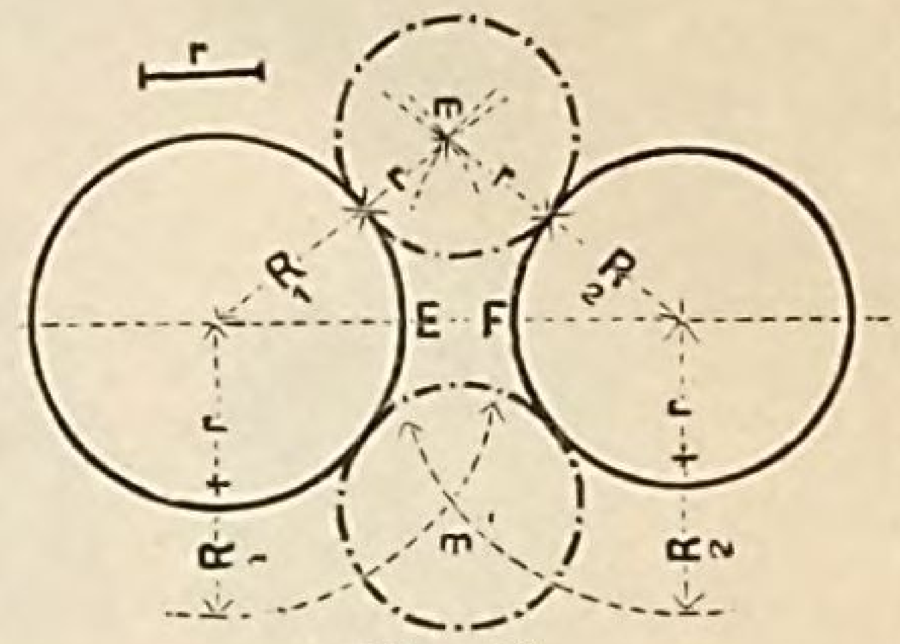

Fig. 6.

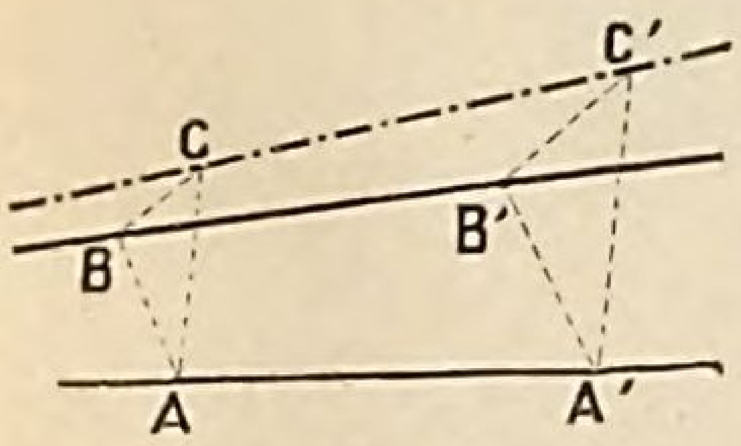

Fig. 7.

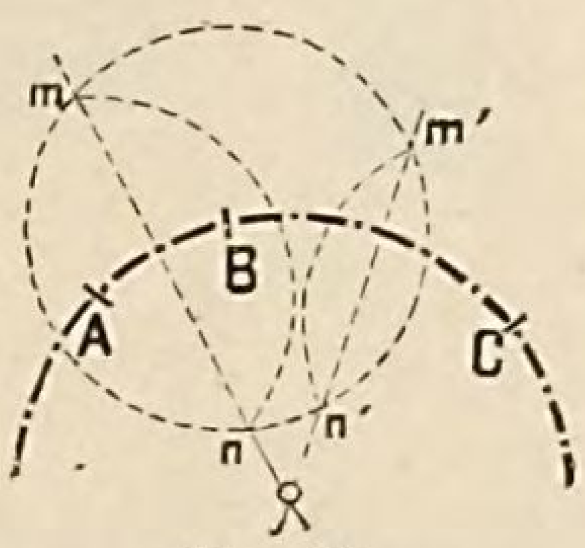

Fig. 8.

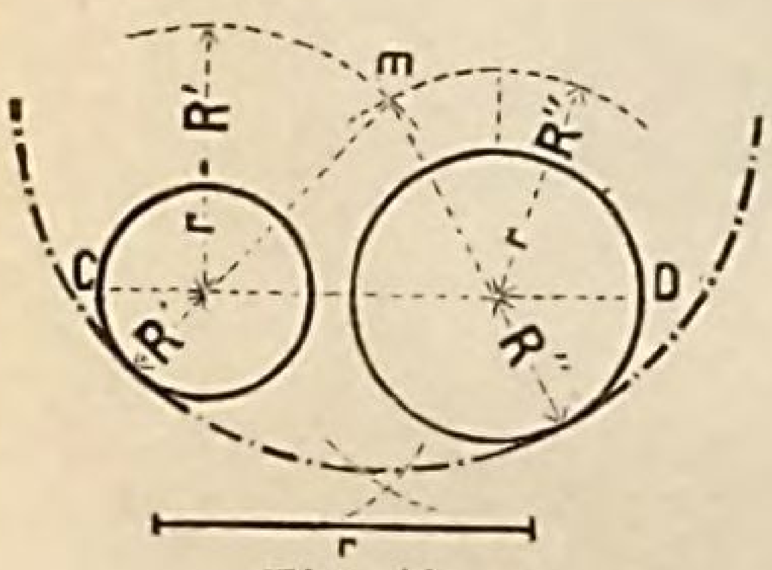

Fig. 10.

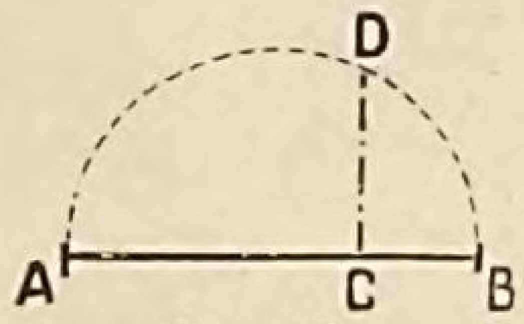

Fig. 11.

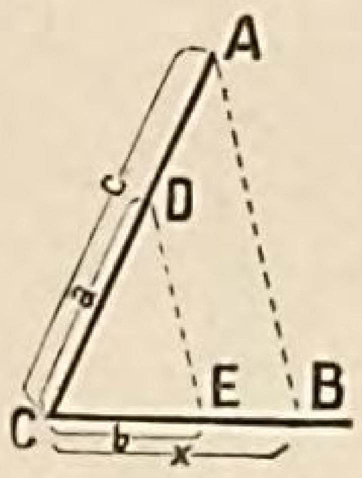

Fig. 13.

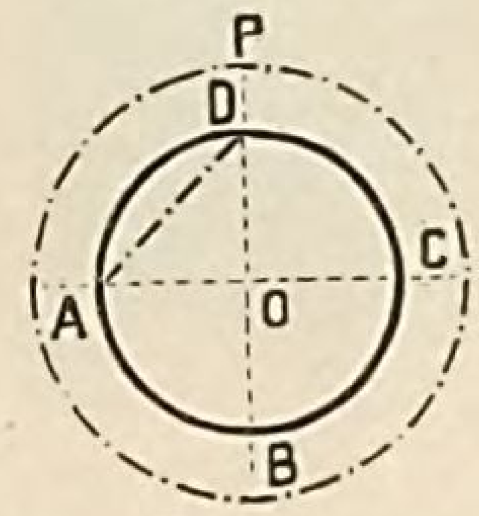

Fig. 9.

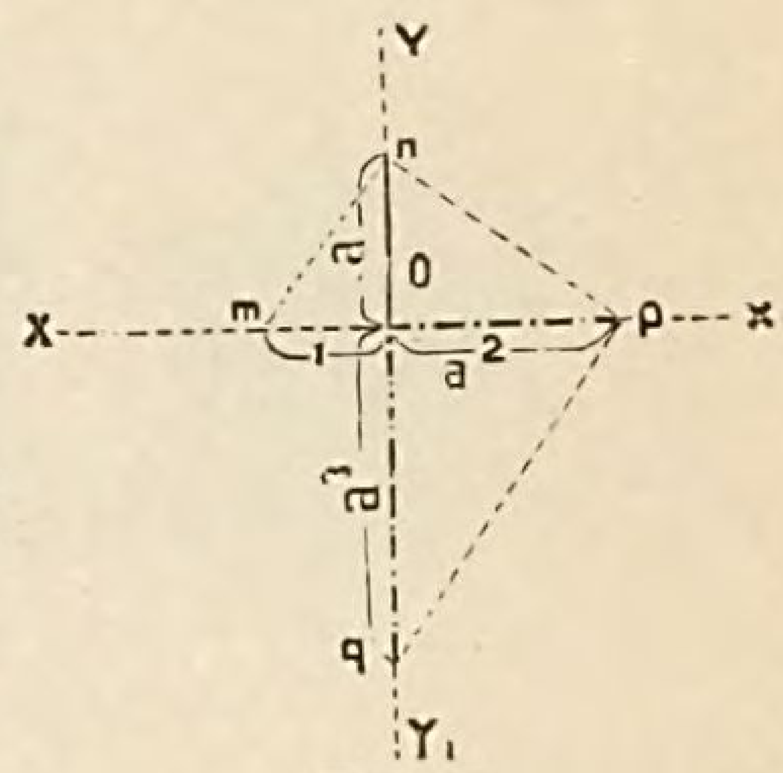

Fig. 12.

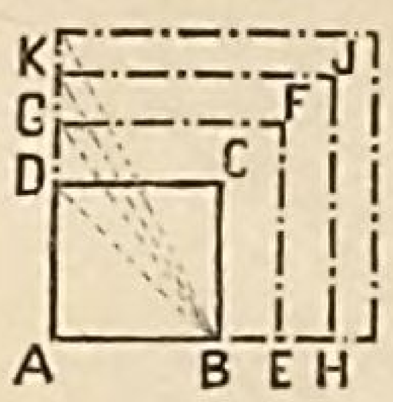

Fig. 14.

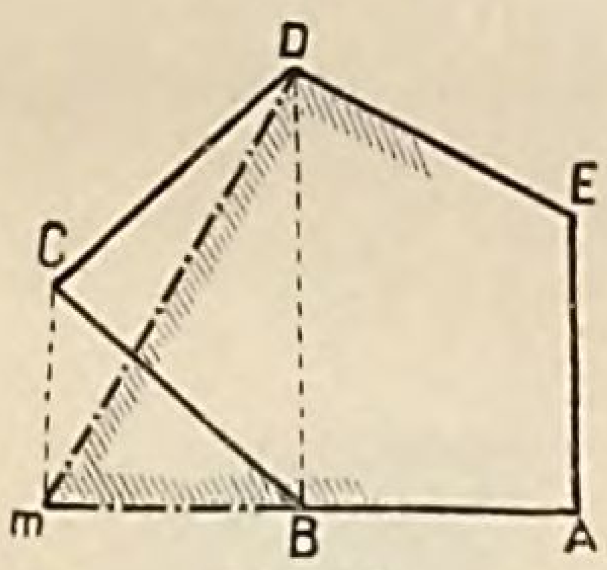

Fig. 15.

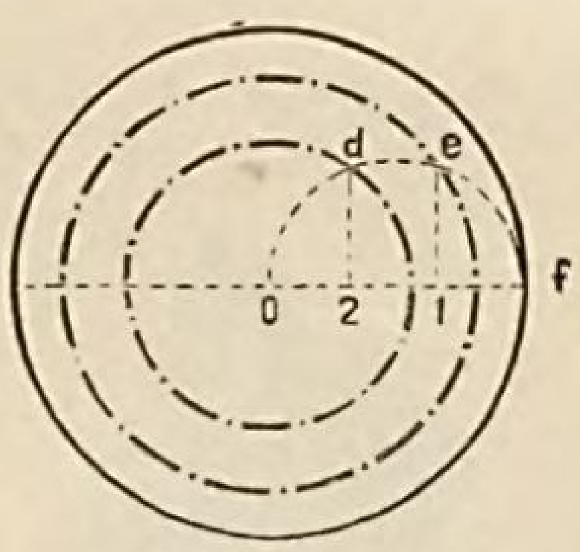

Fig. 16.

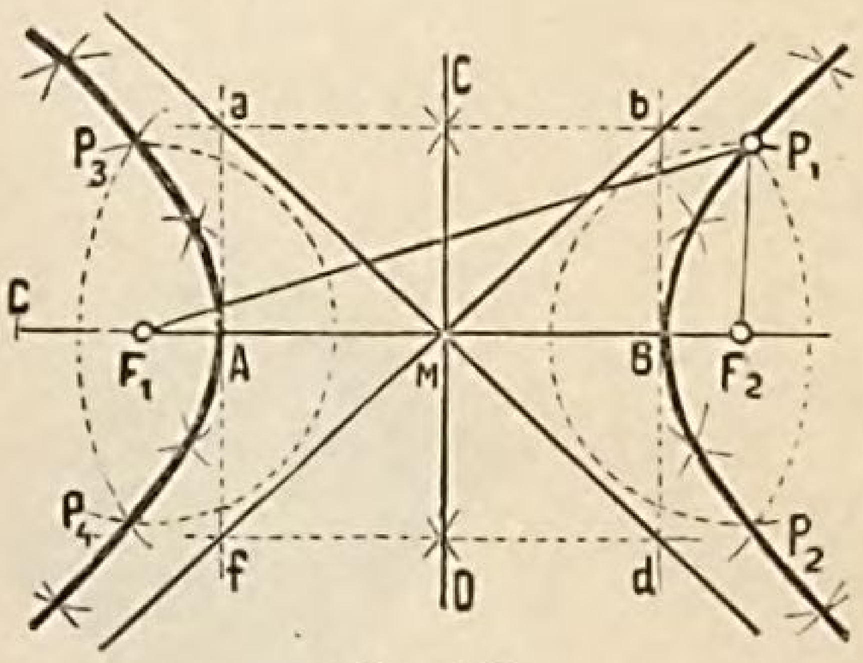

Fig. 20.

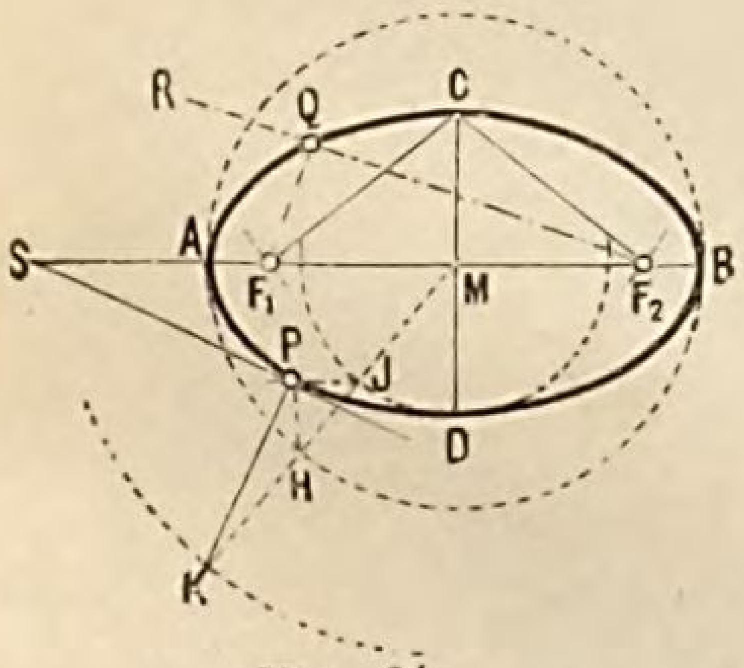

Fig. 17.

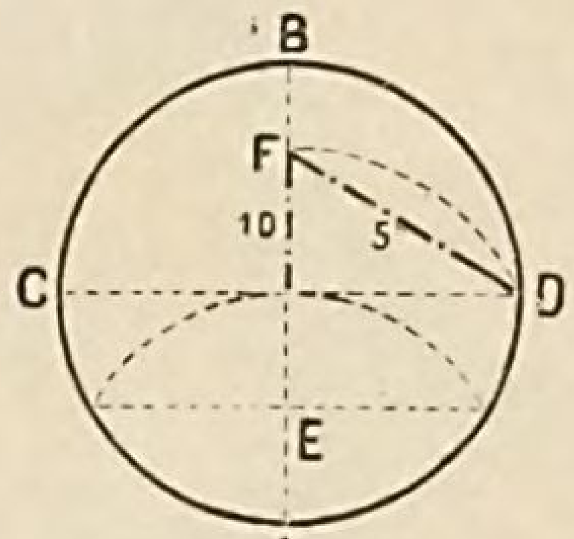

Fig. 18.

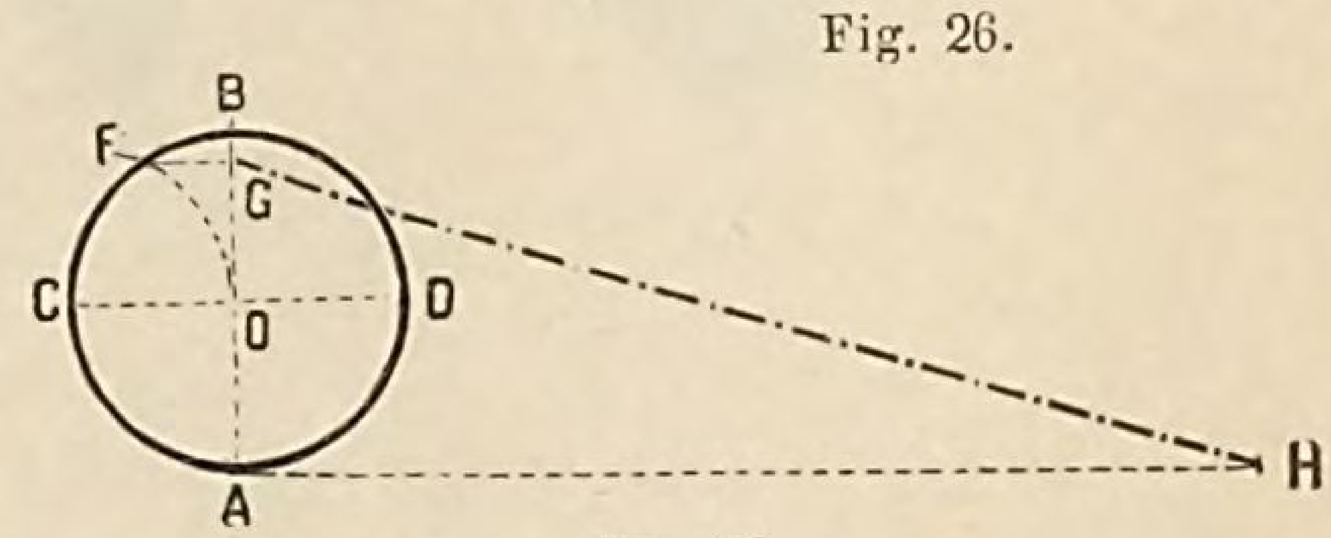

Fig. 19.

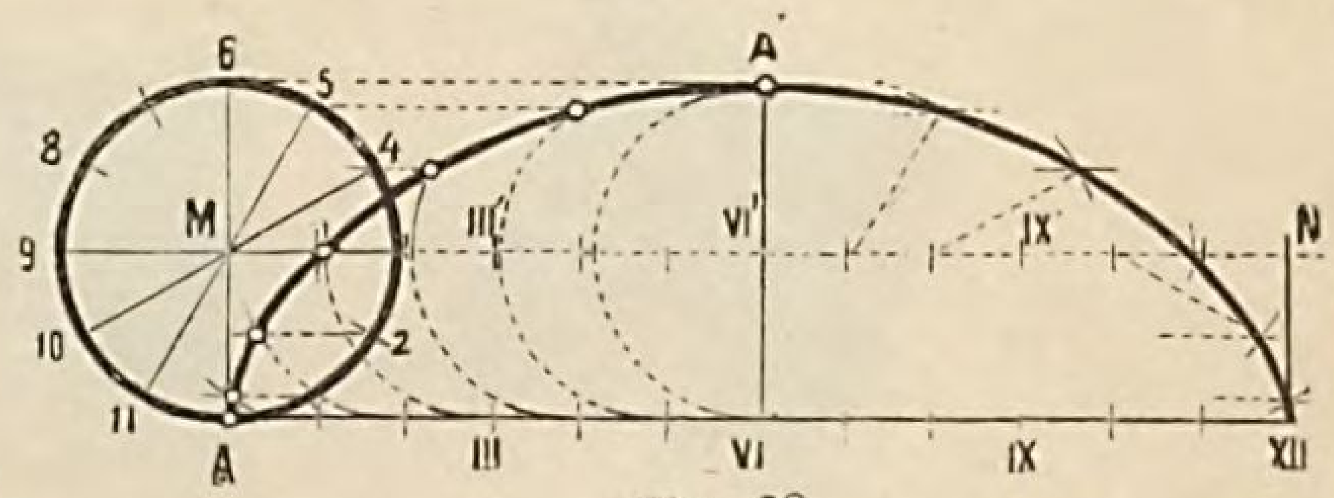

Fig. 21.

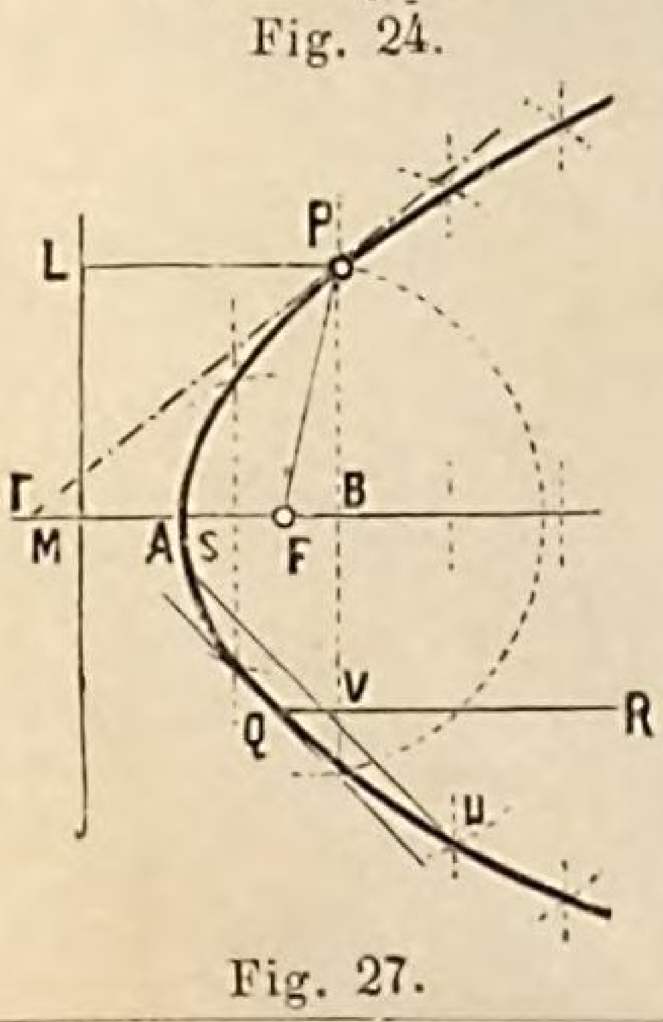

Fig. 26.

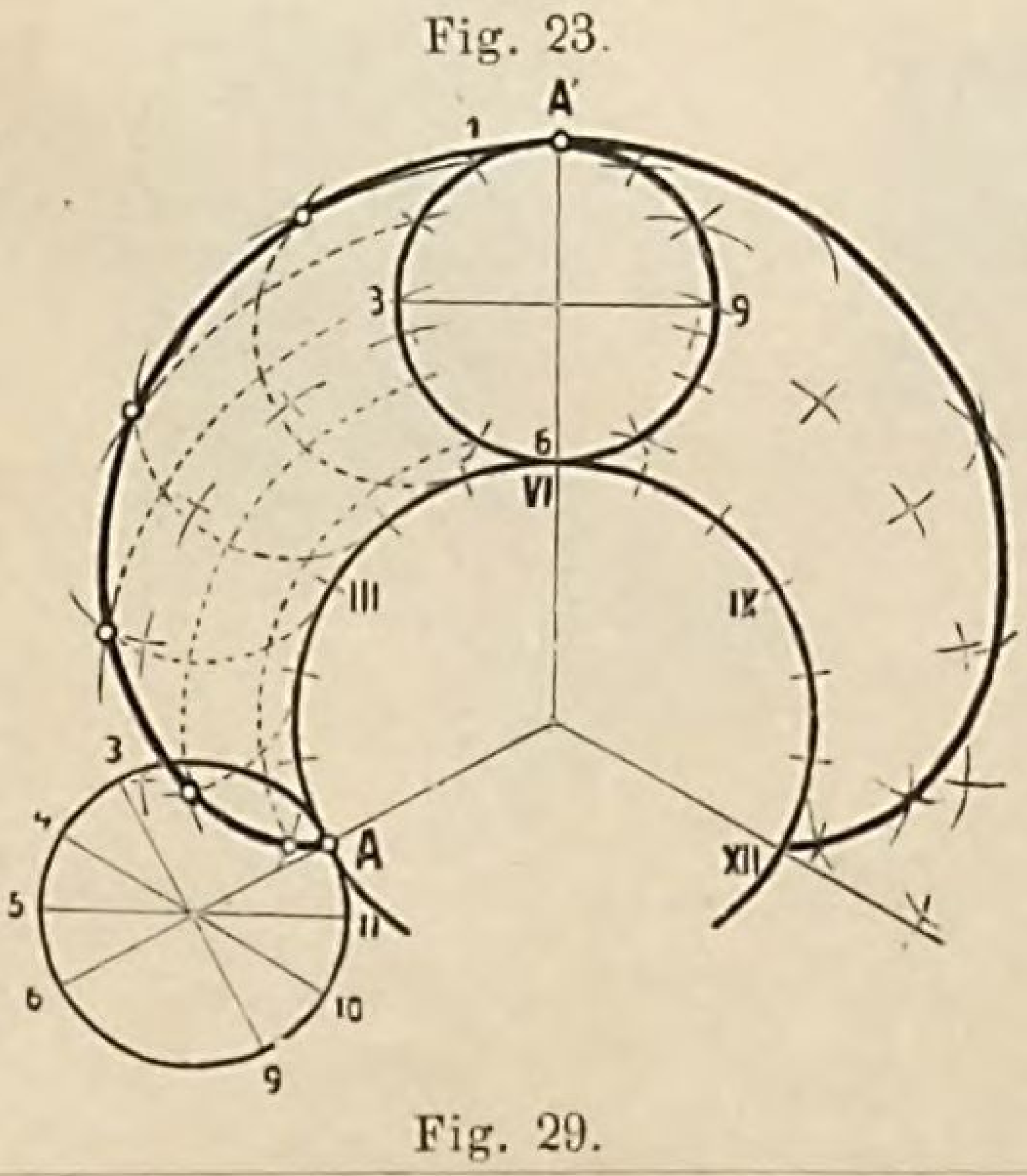

Fig. 24.

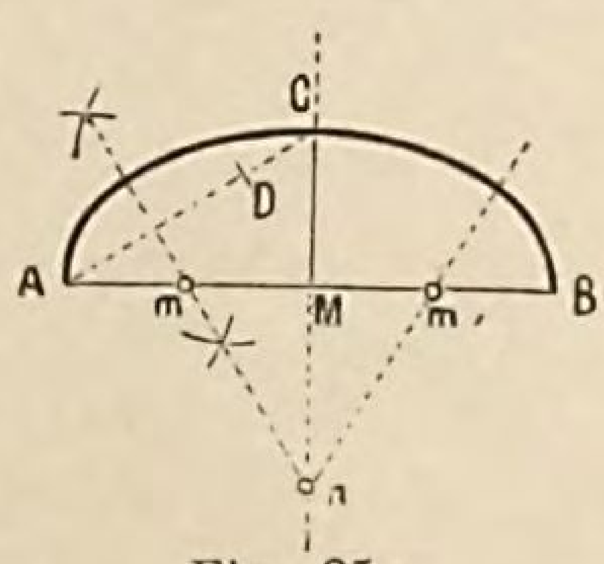

Fig. 23.

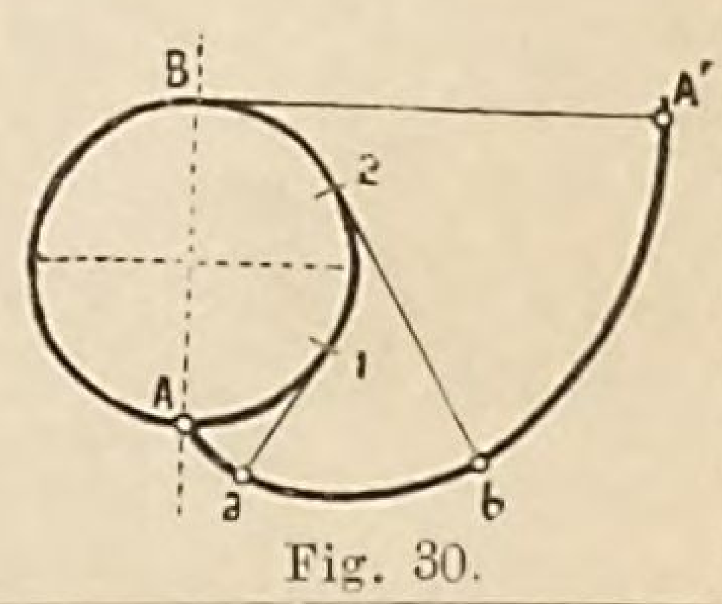

Fig. 22.


Fig. 28.


Fig. 27.


Fig. 29.


Fig. 25.


Fig. 30.

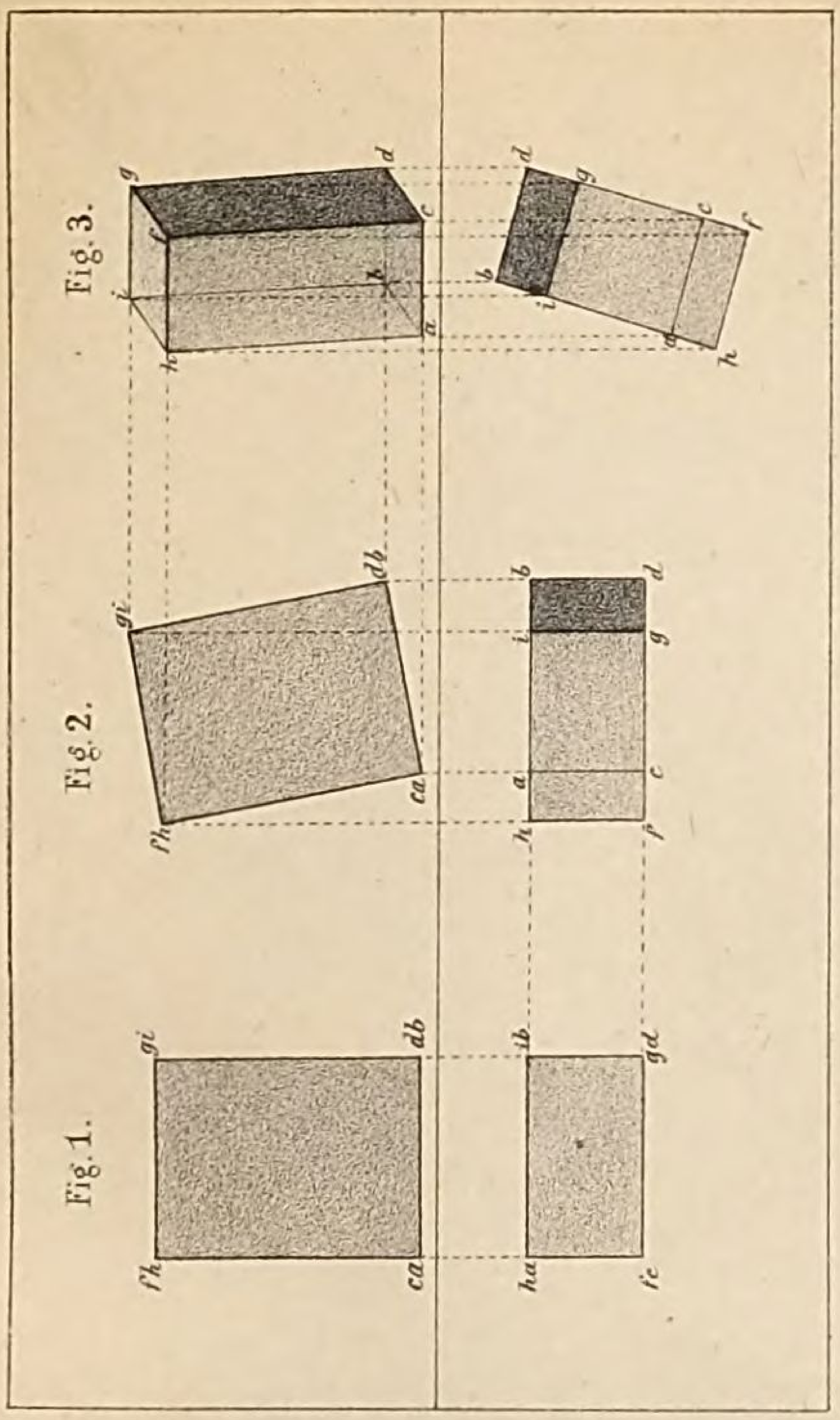


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

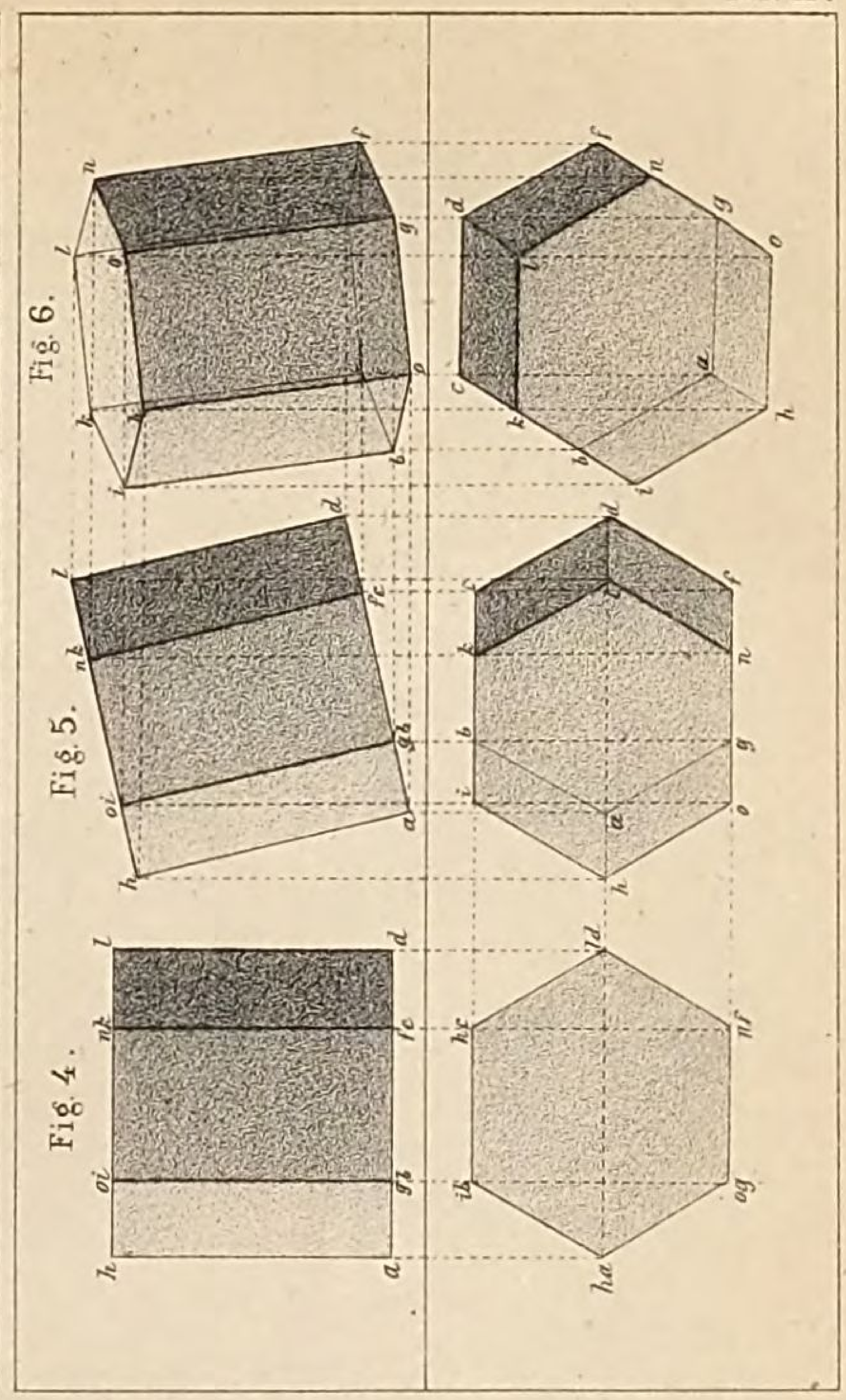


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

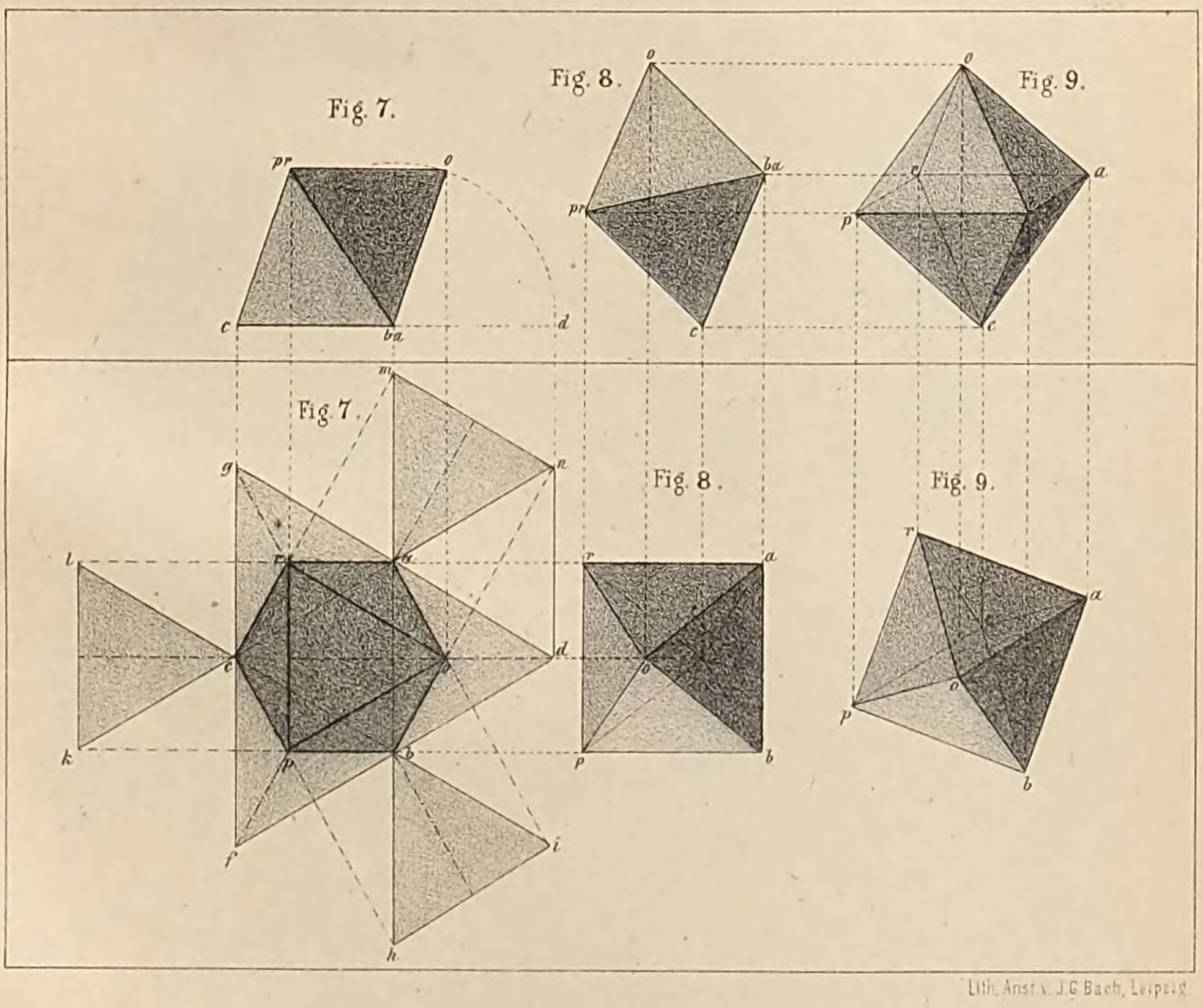


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

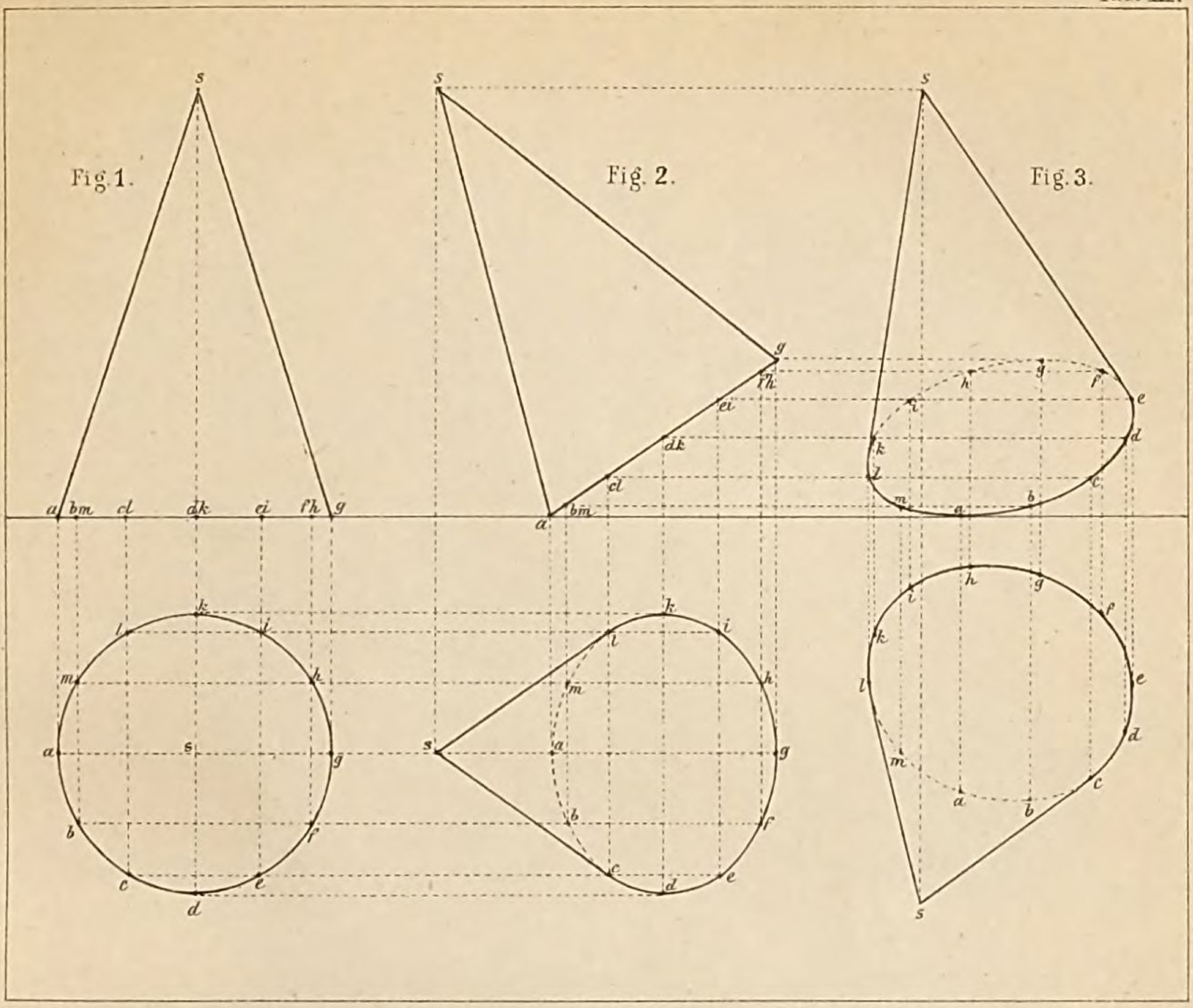


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

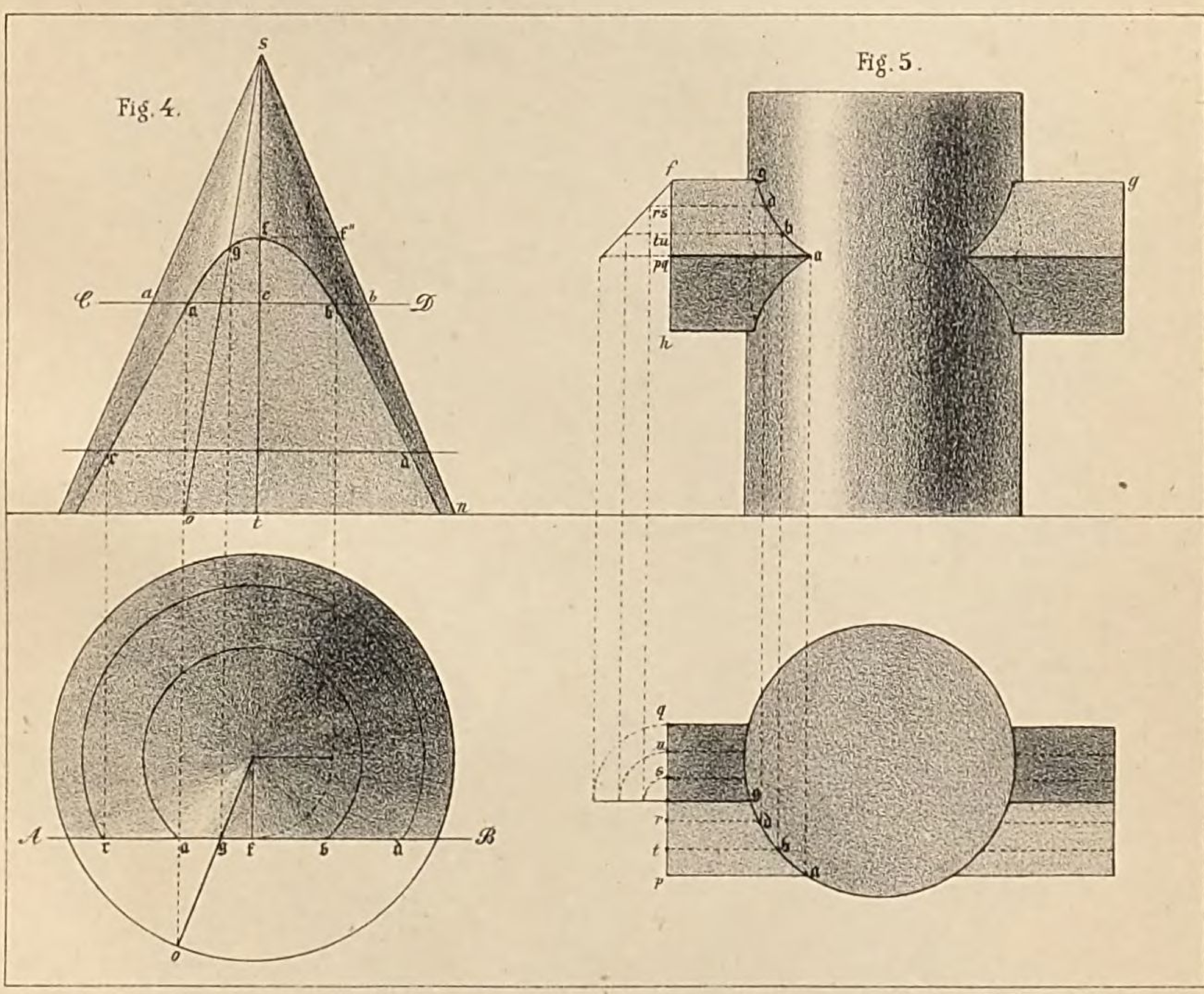


Fig. 4. Fig. 5.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Fig. 1.

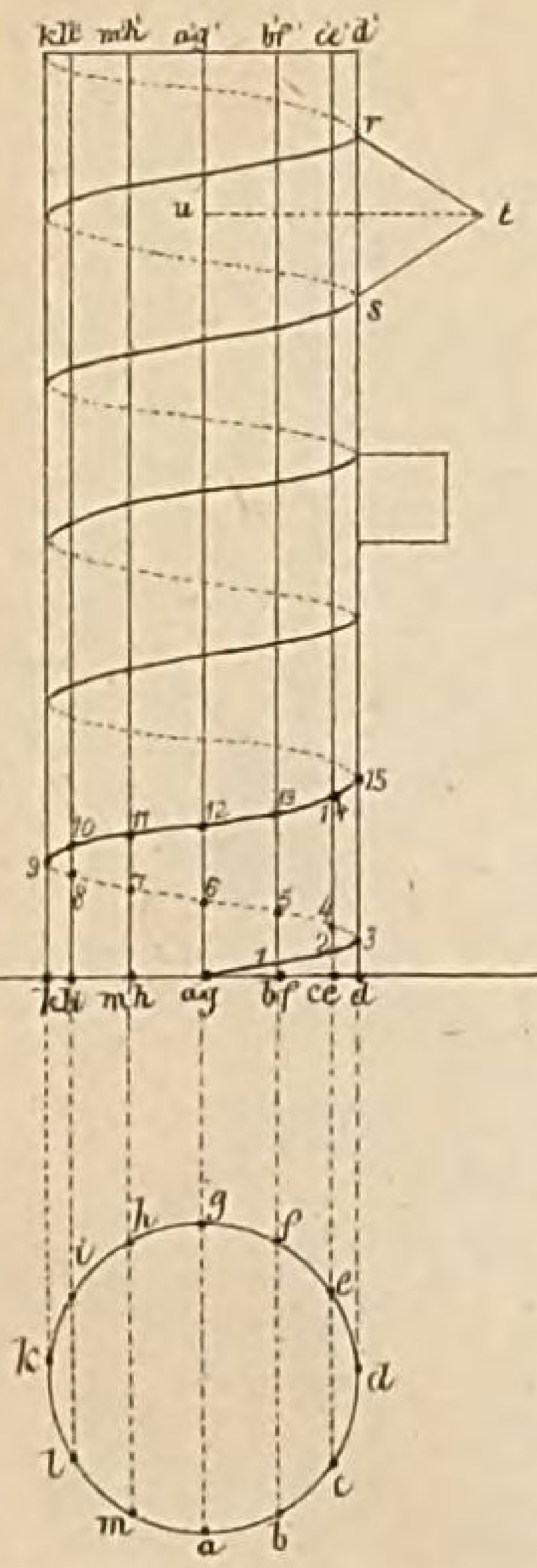


Fig. 2.

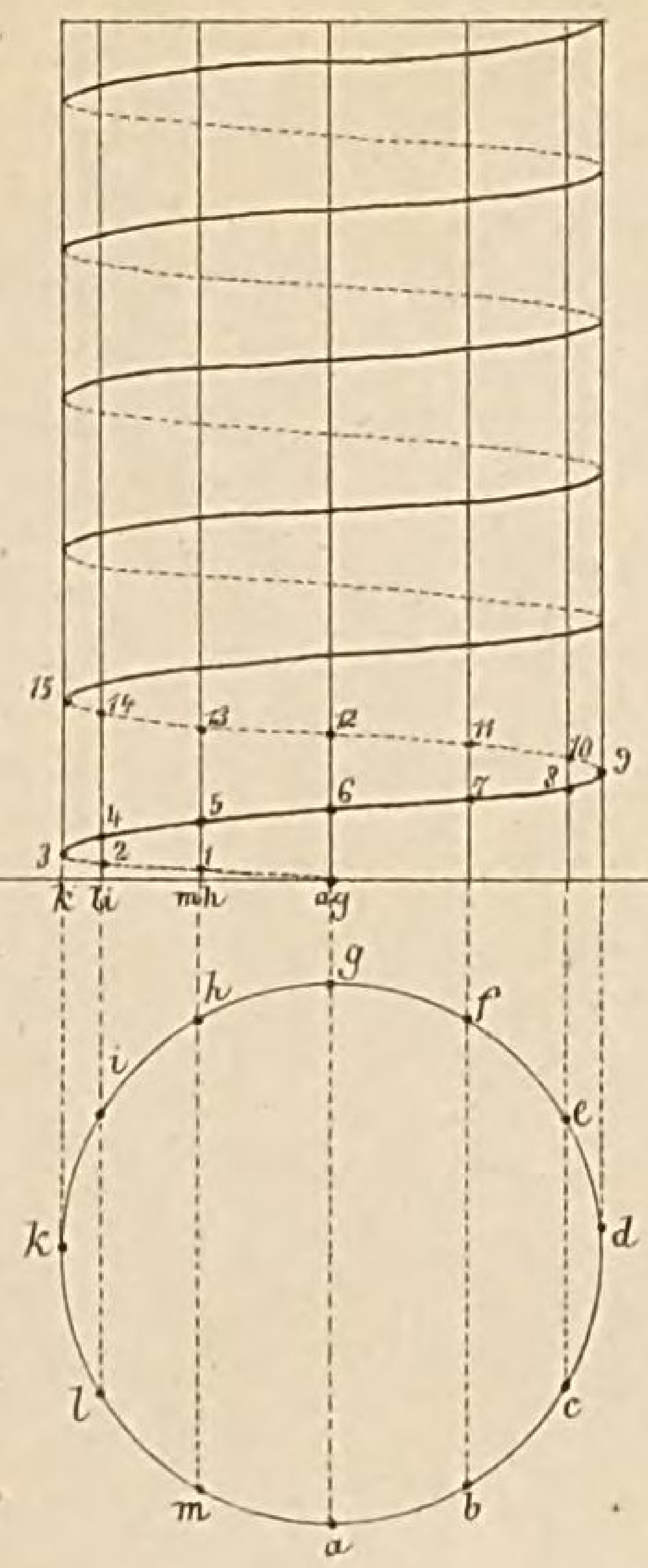
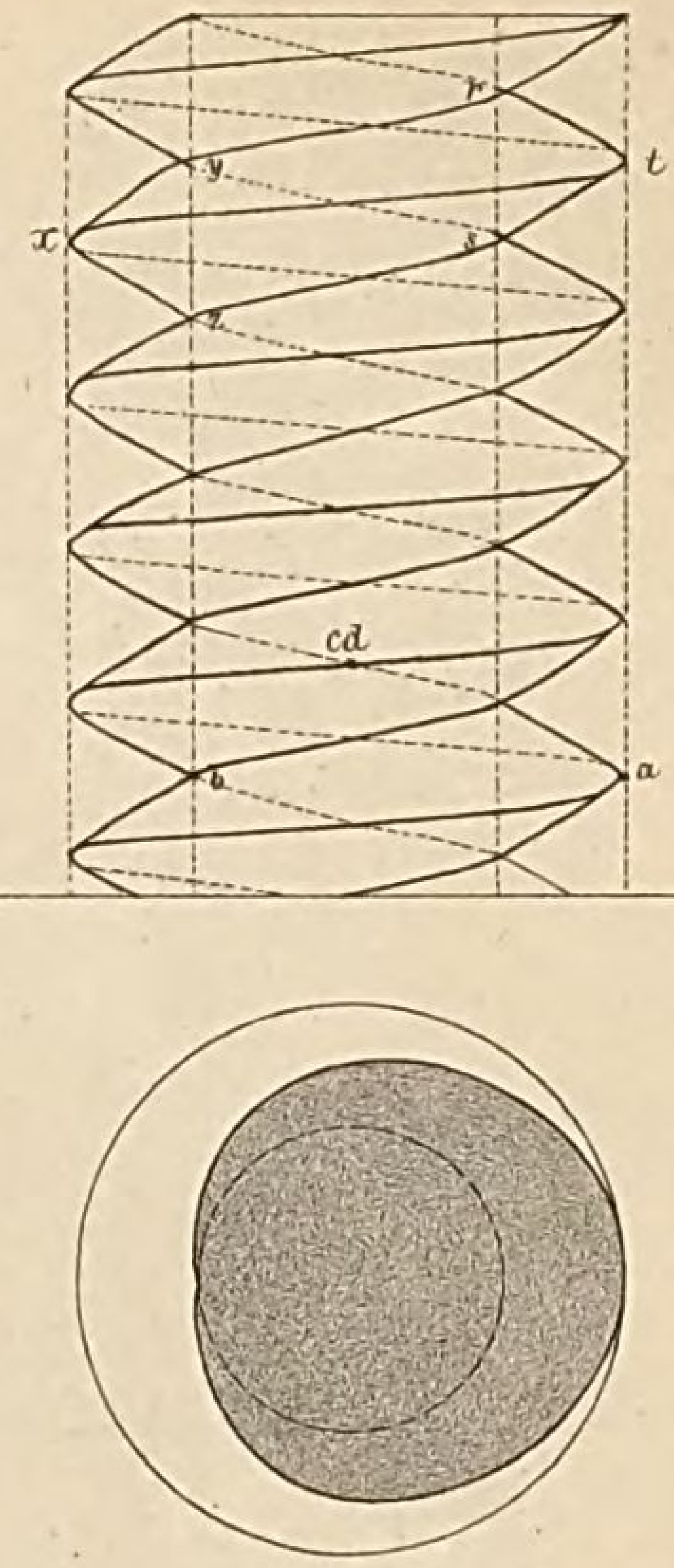
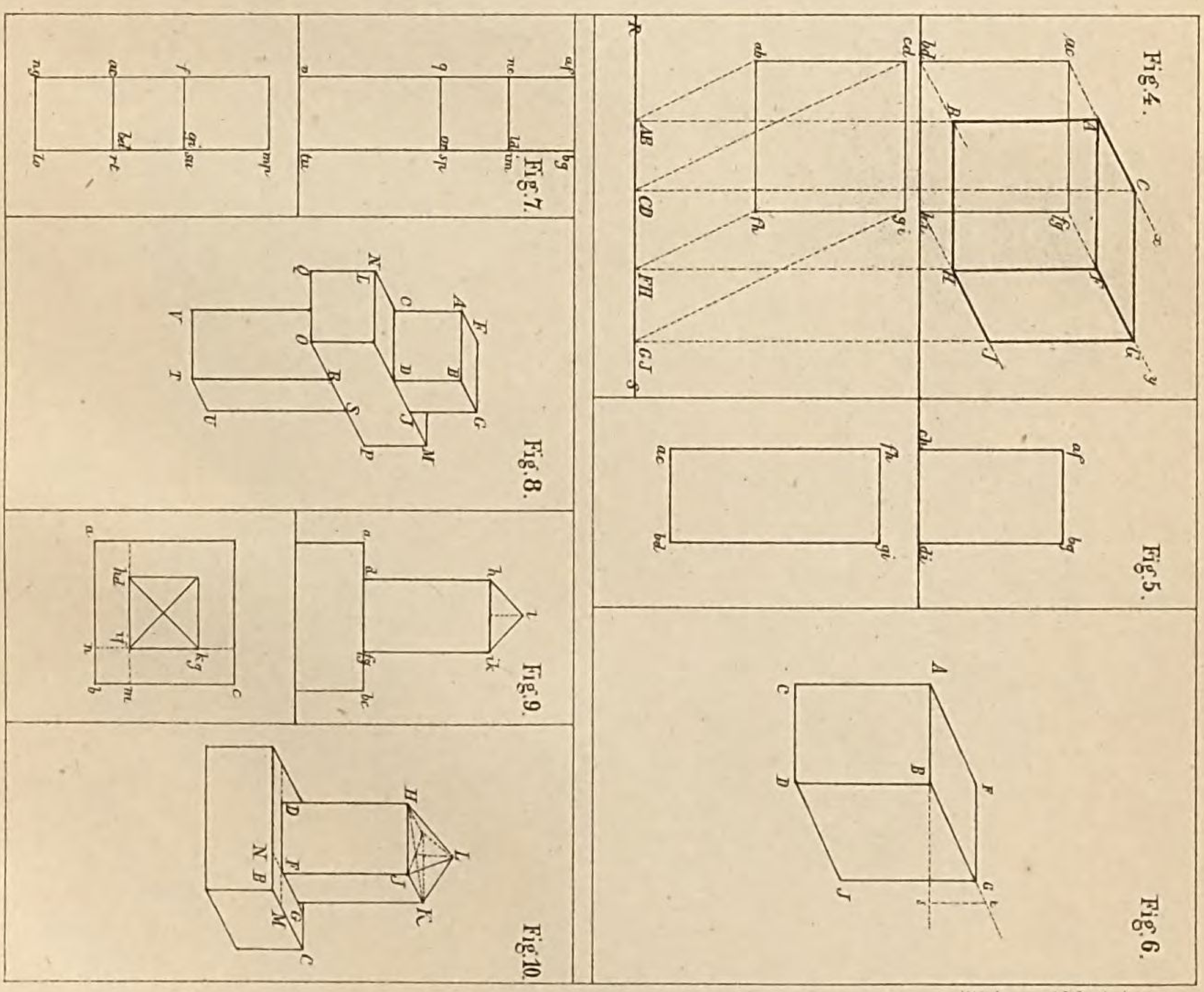


Fig. 3.





Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Taf. V.

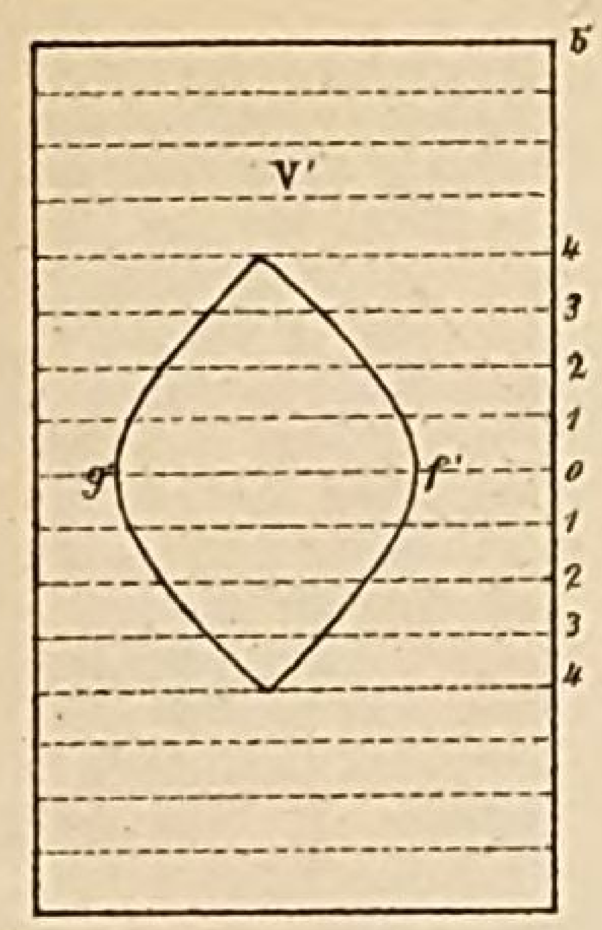


Fig. 1.

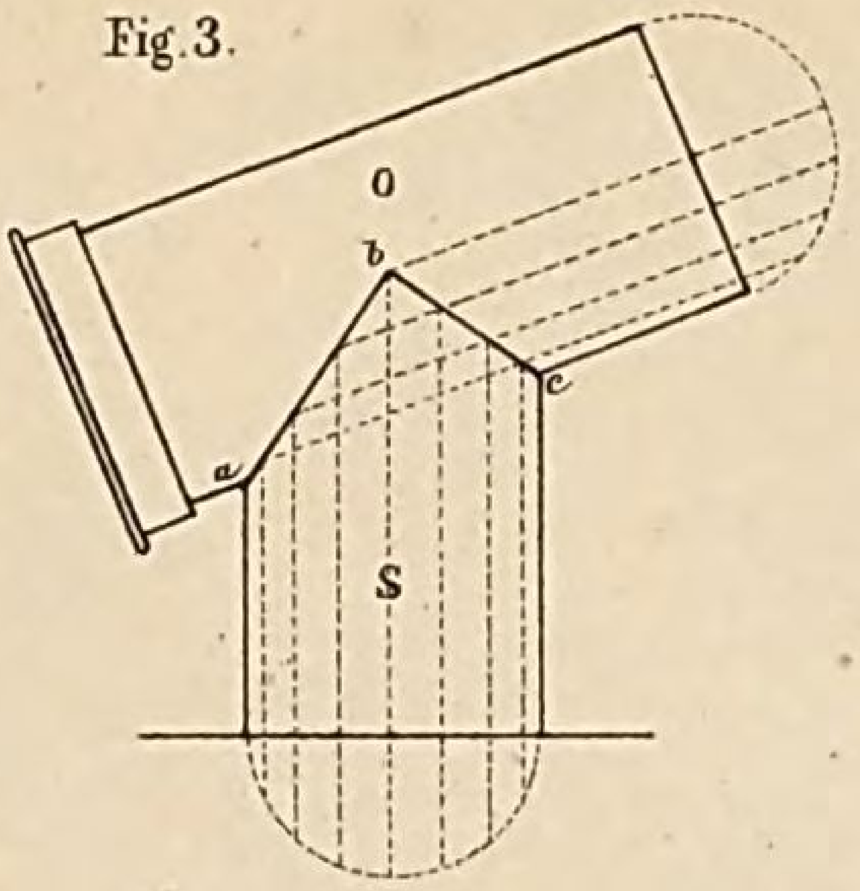


Fig. 3.

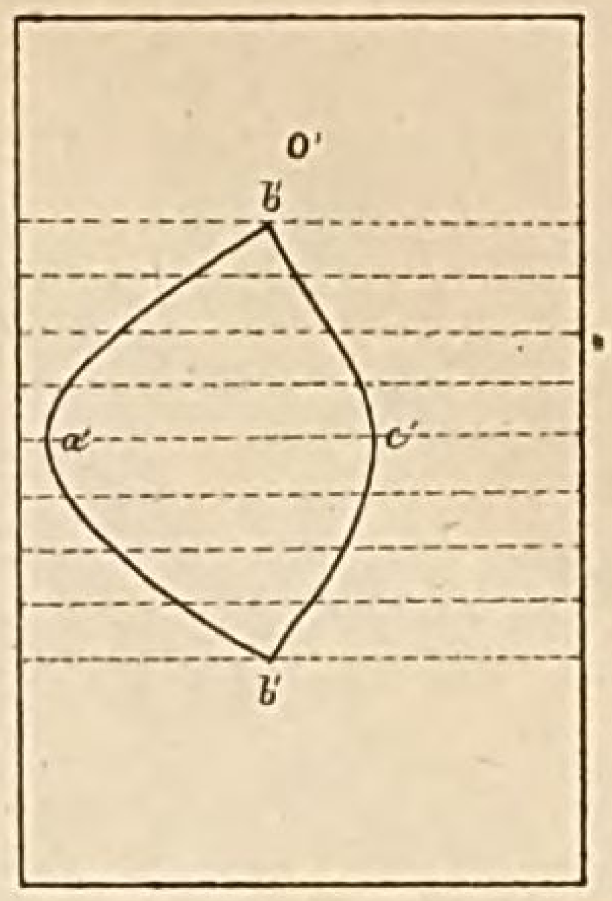


Fig. 4.

Fig. 2.

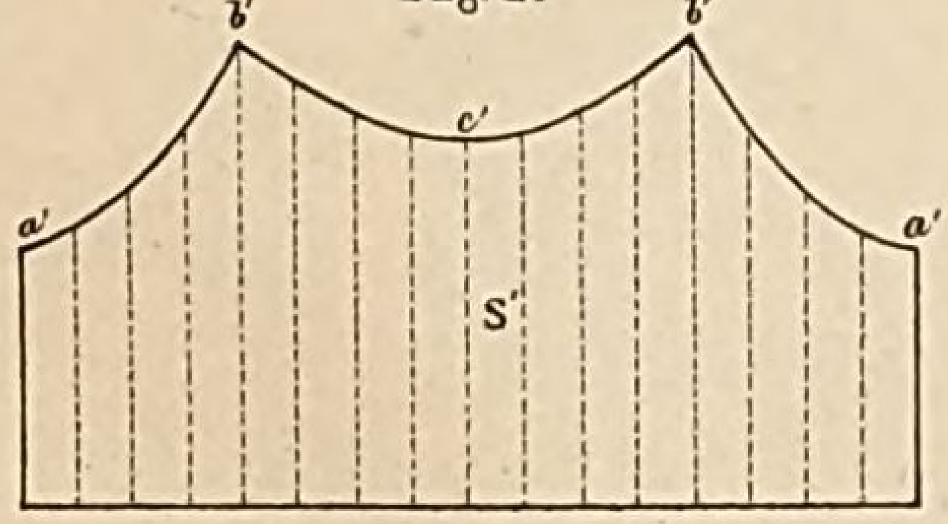
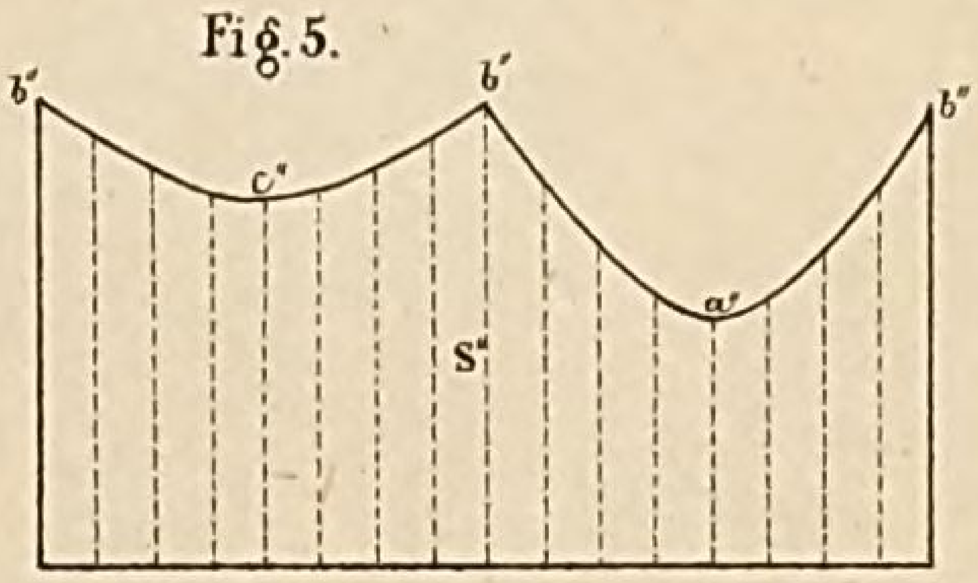


Fig. 5.



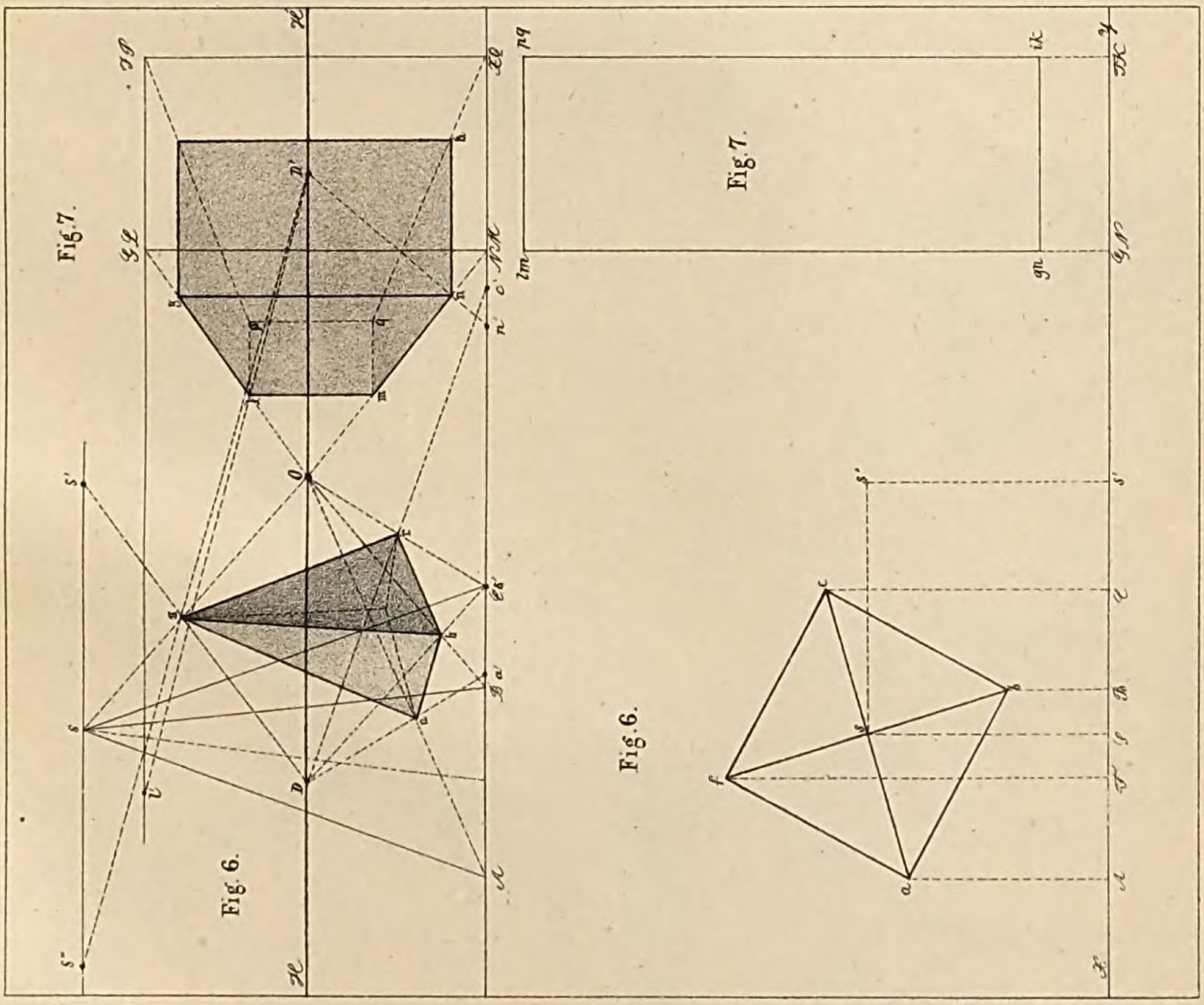


Fig. 7. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 6.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

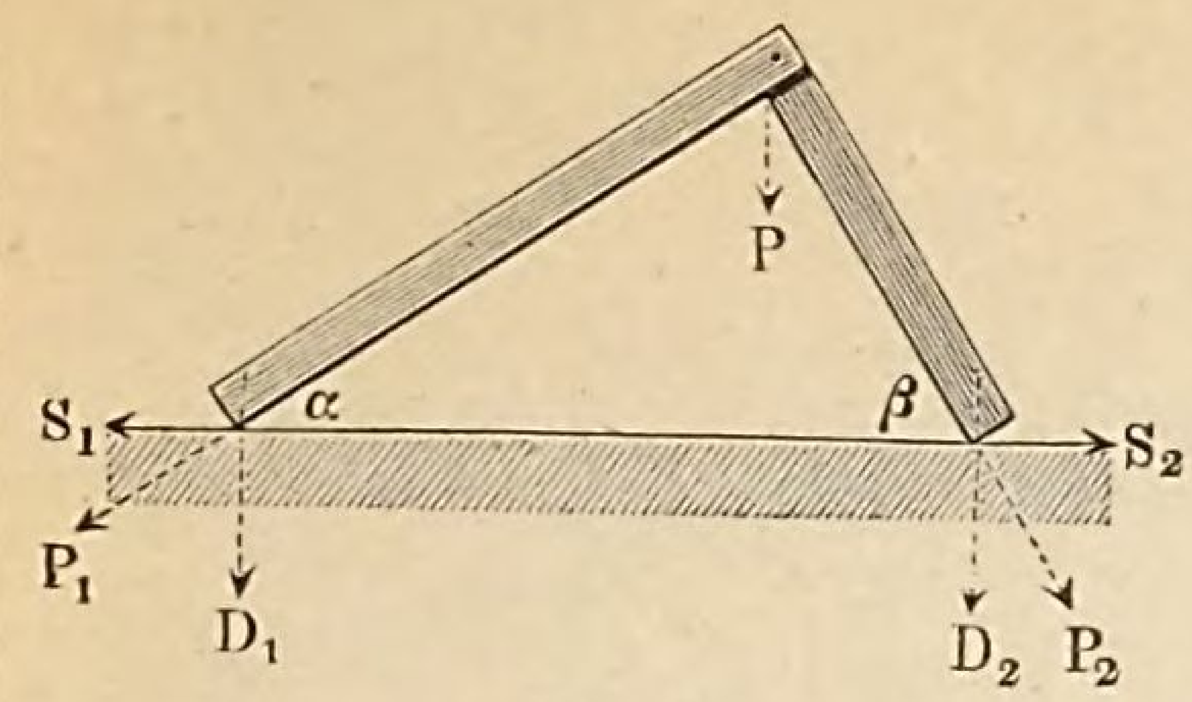


Fig. 1.

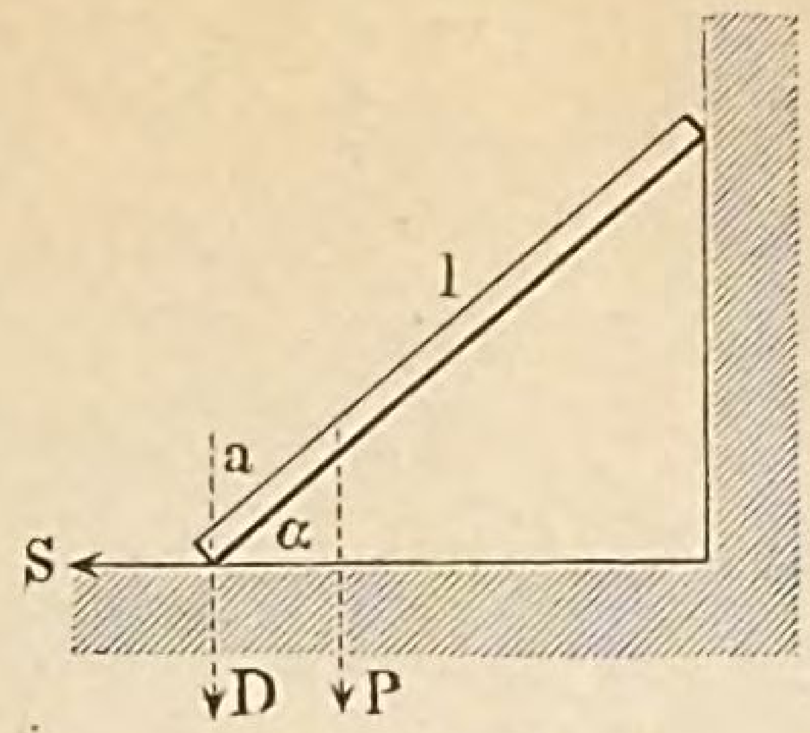


Fig. 3.

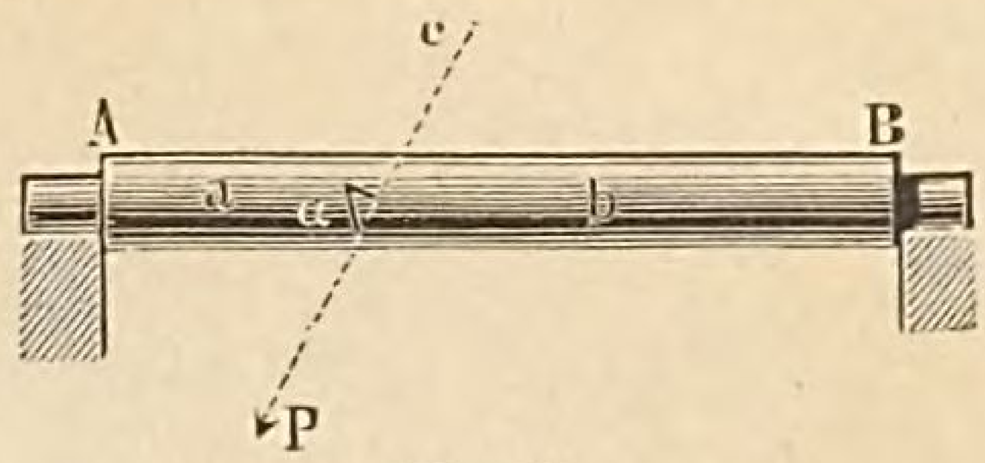


Fig. 7.

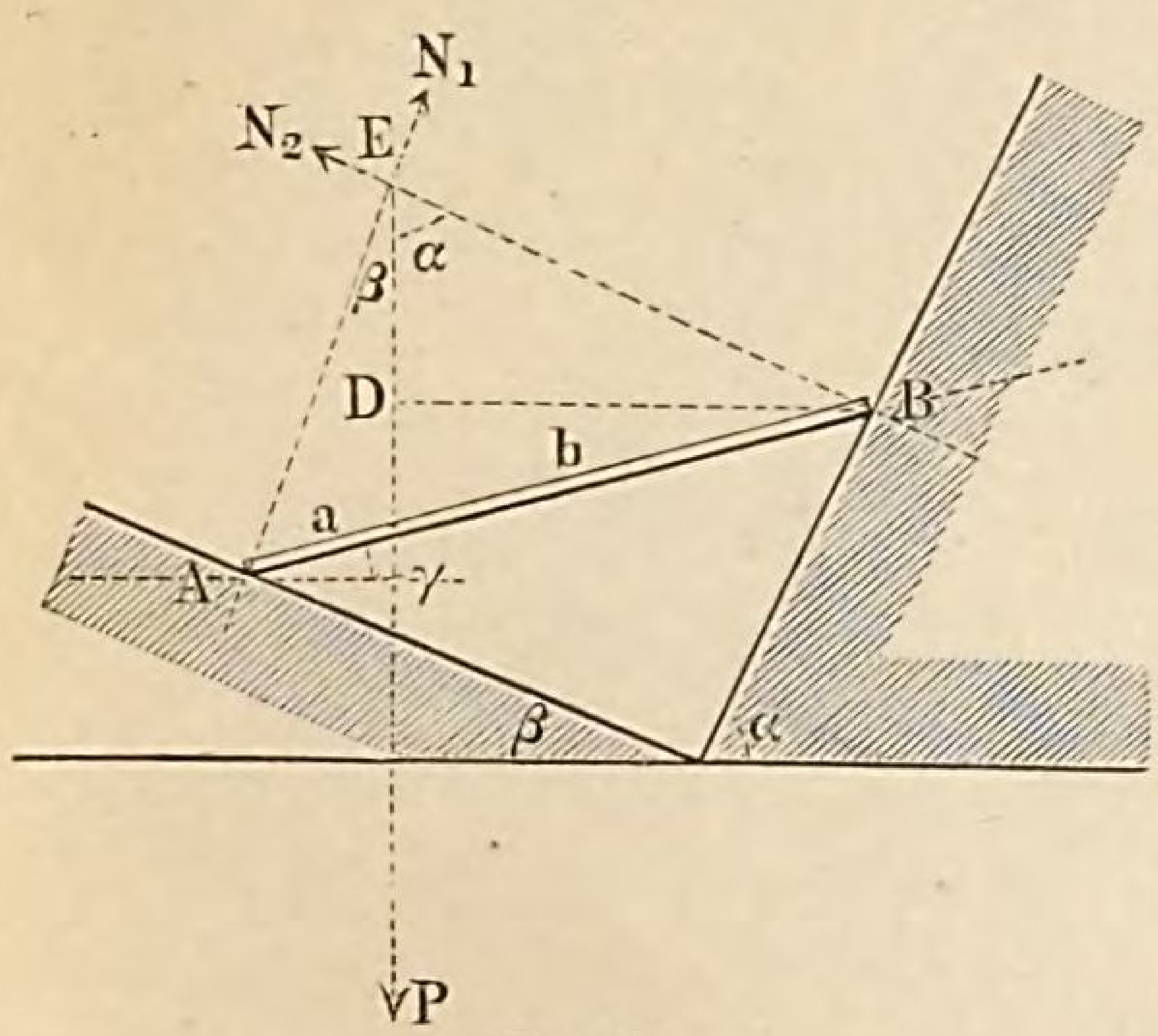


Fig. 2.

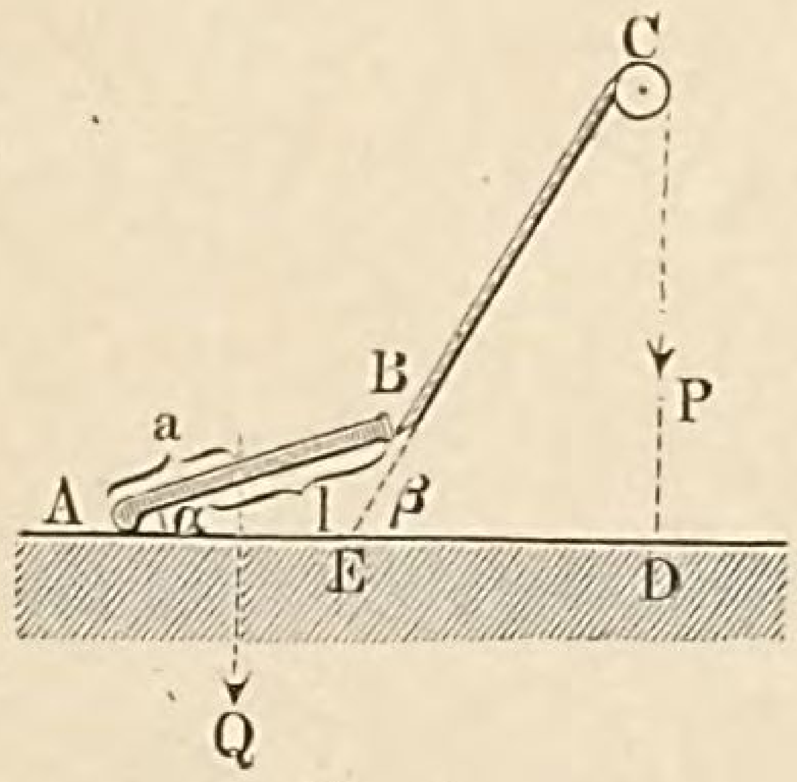


Fig. 6.

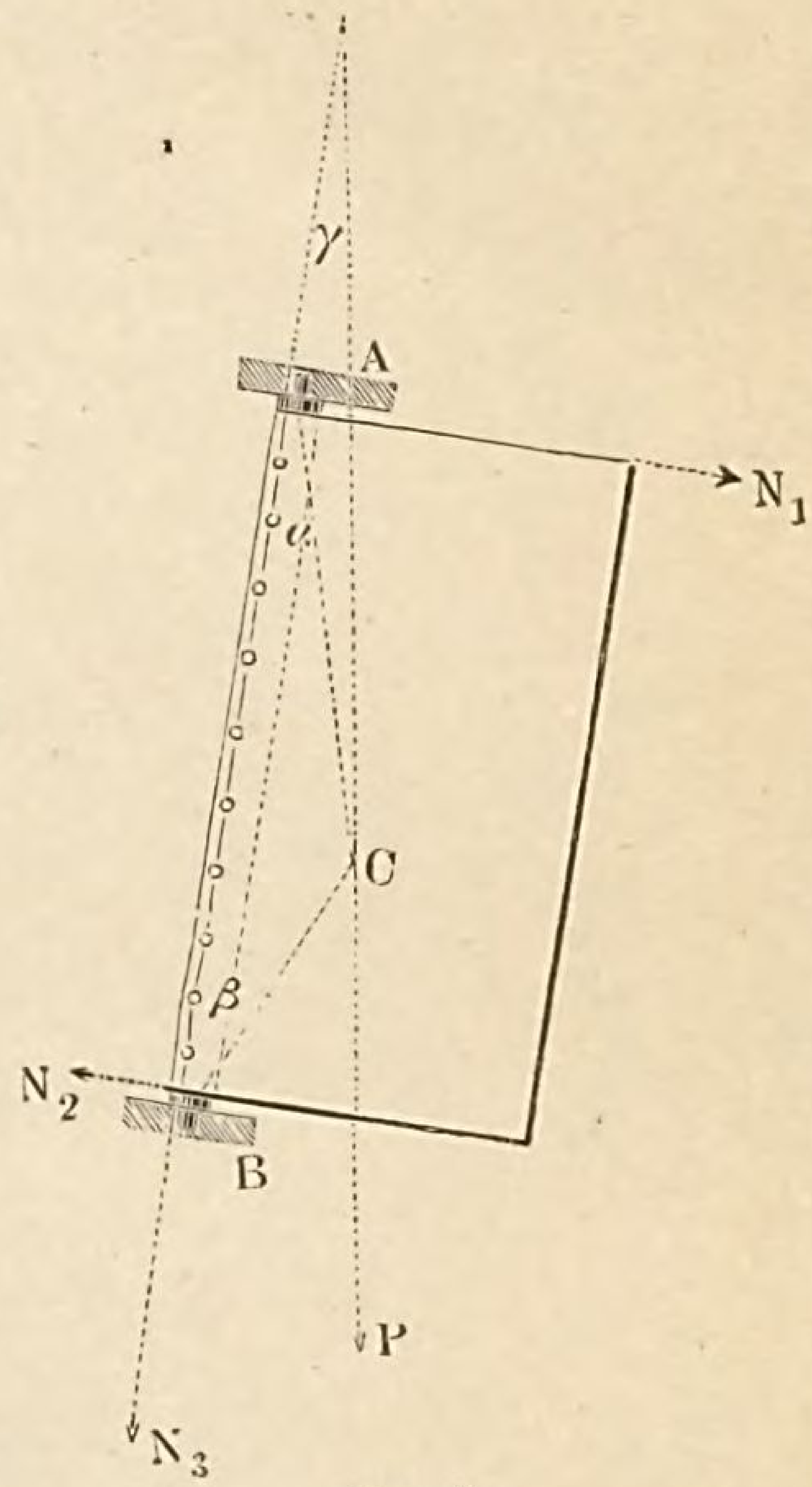


Fig. 8.

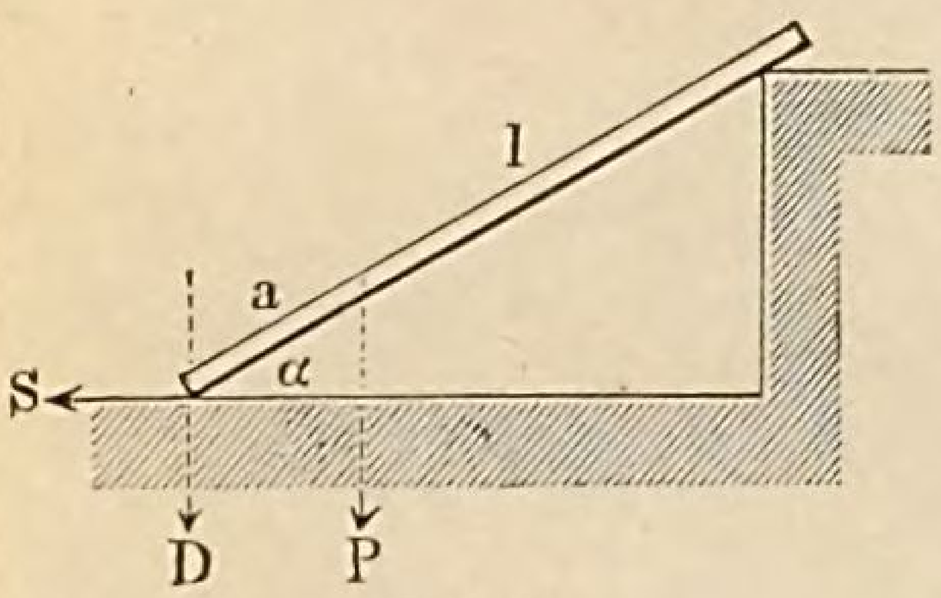


Fig. 4.

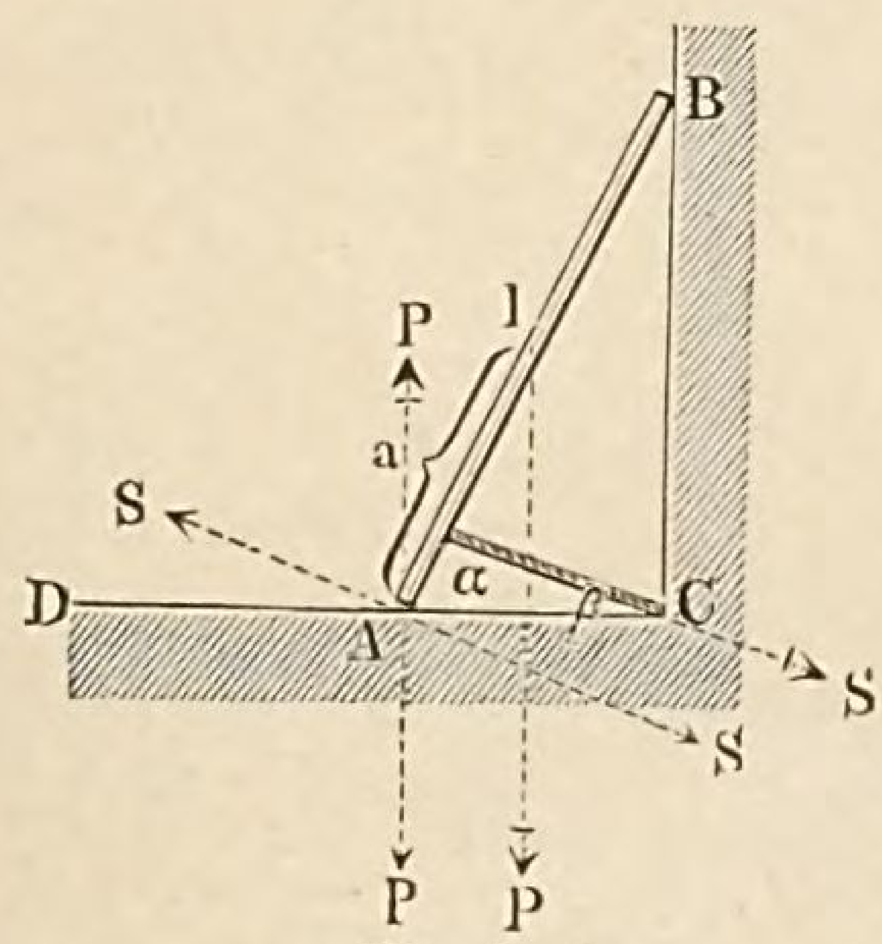


Fig. 5.

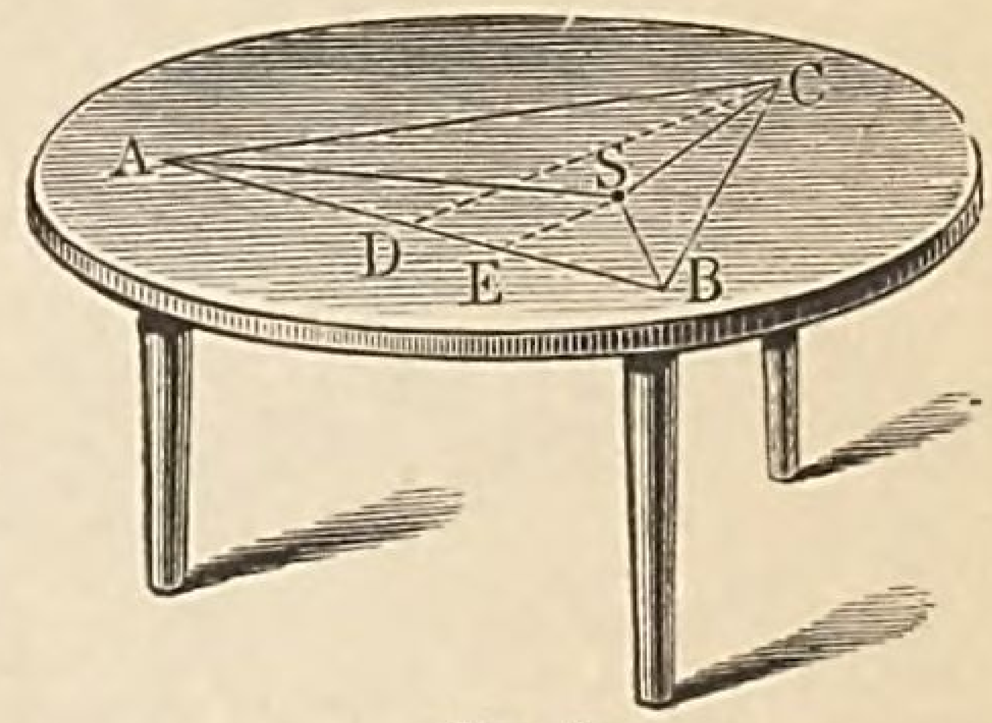


Fig. 9.

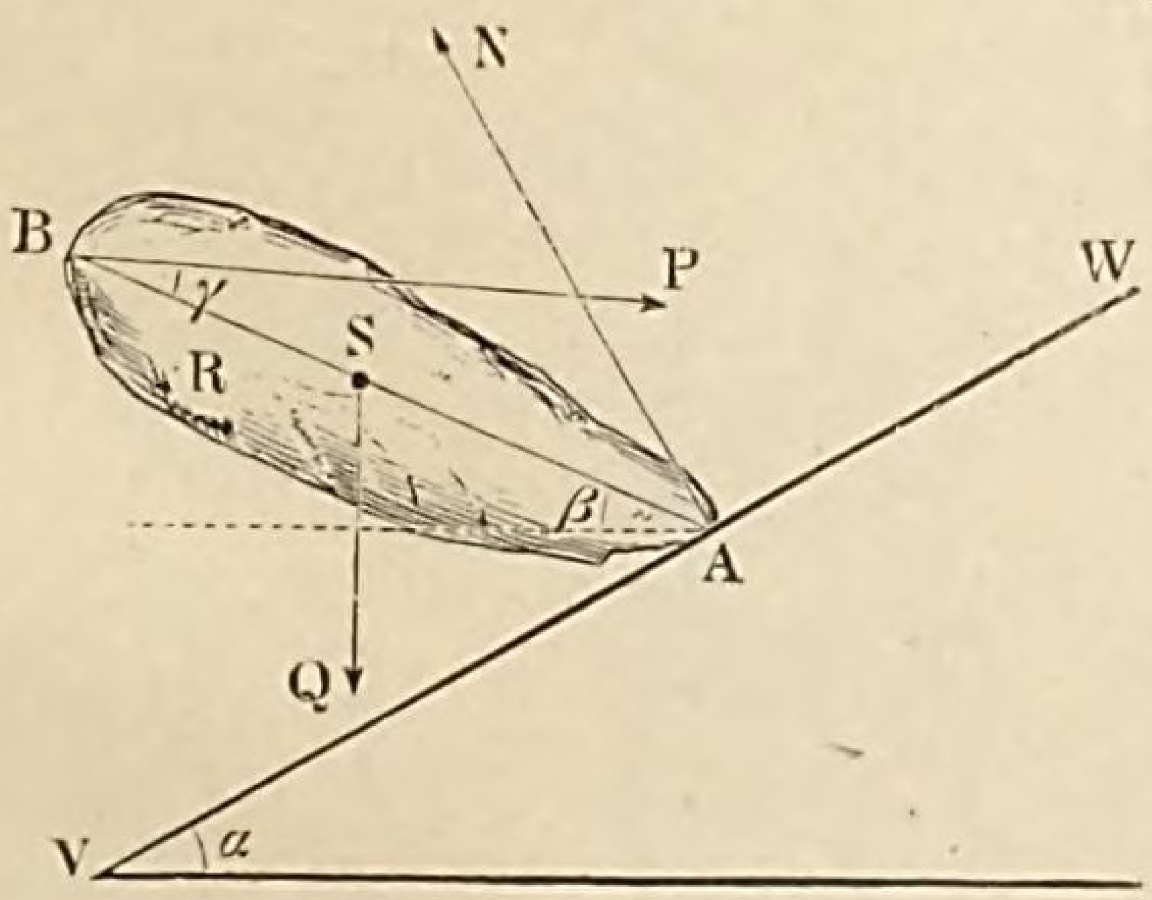


Fig. 10.

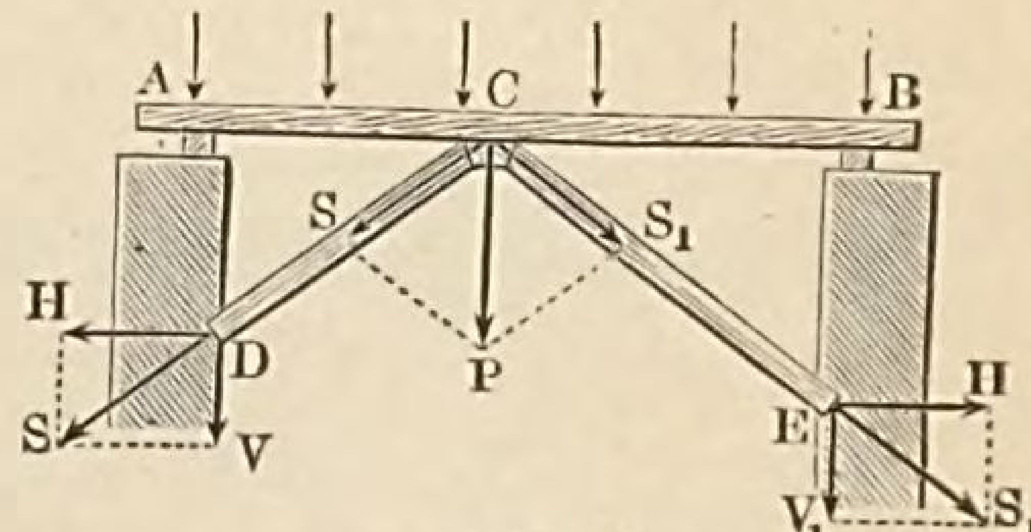


Fig. 11.

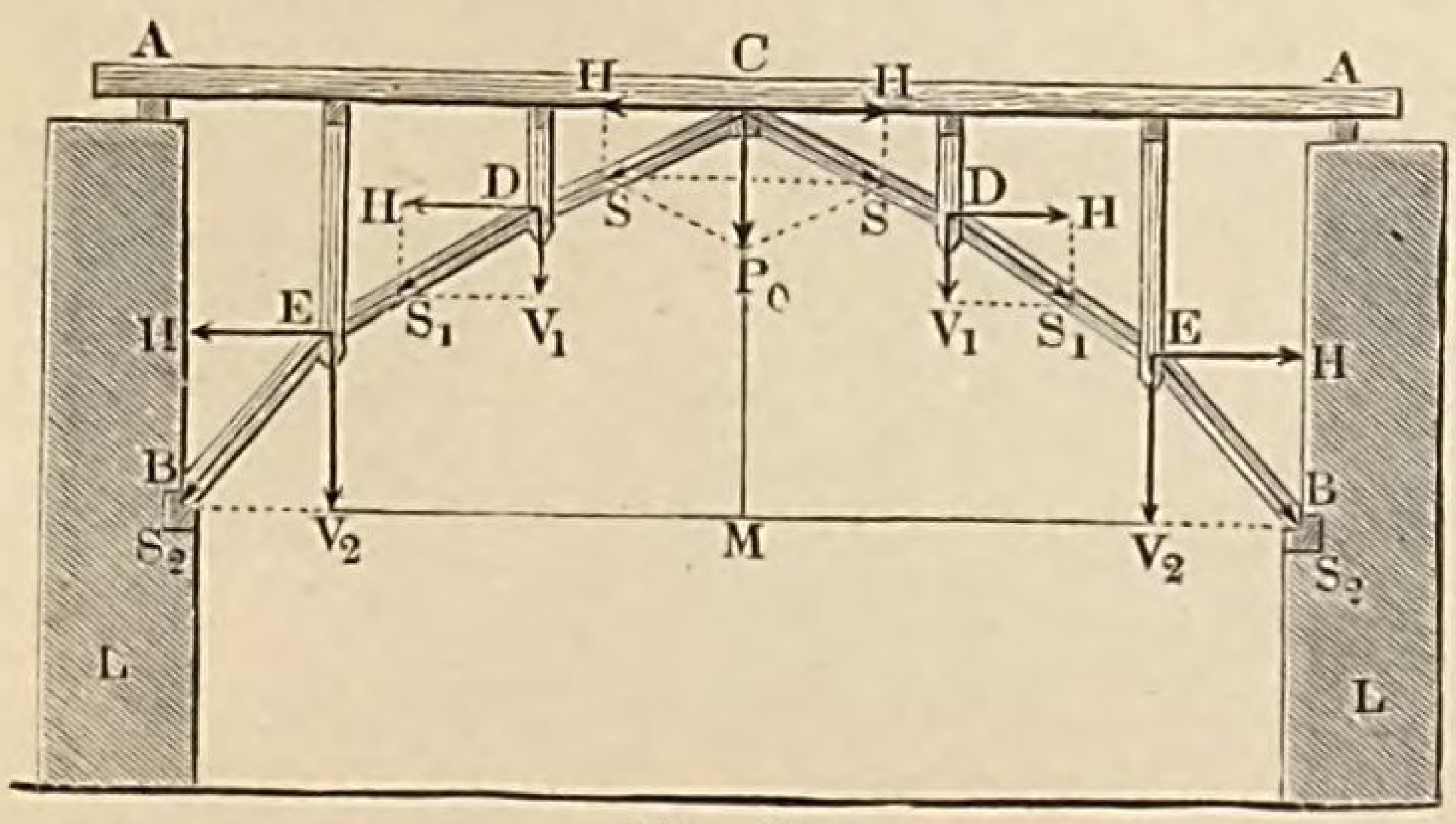


Fig. 13.

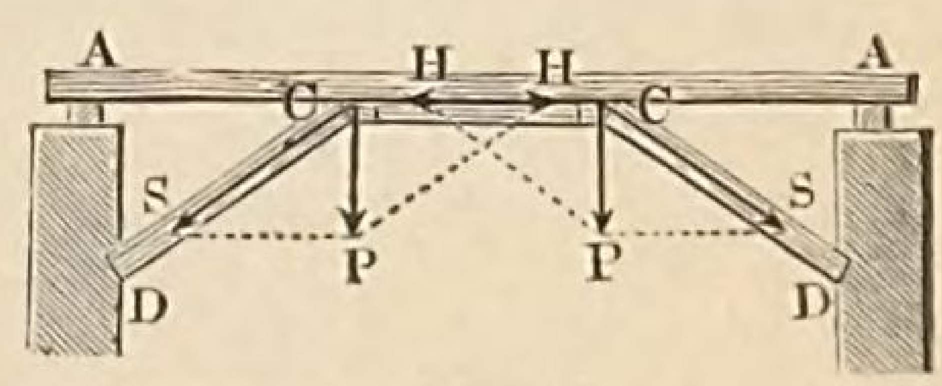


Fig. 12.

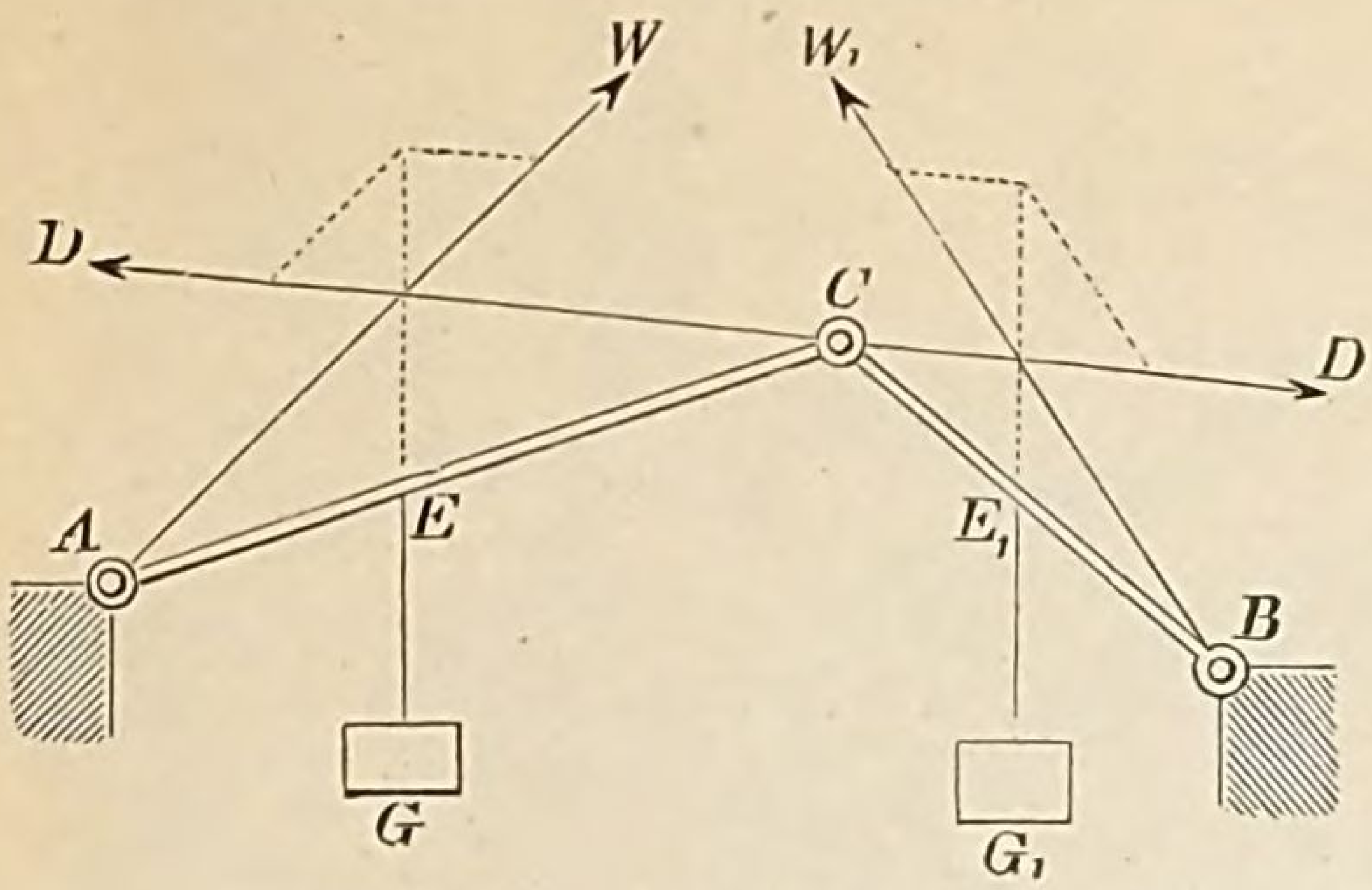


Fig. 1.

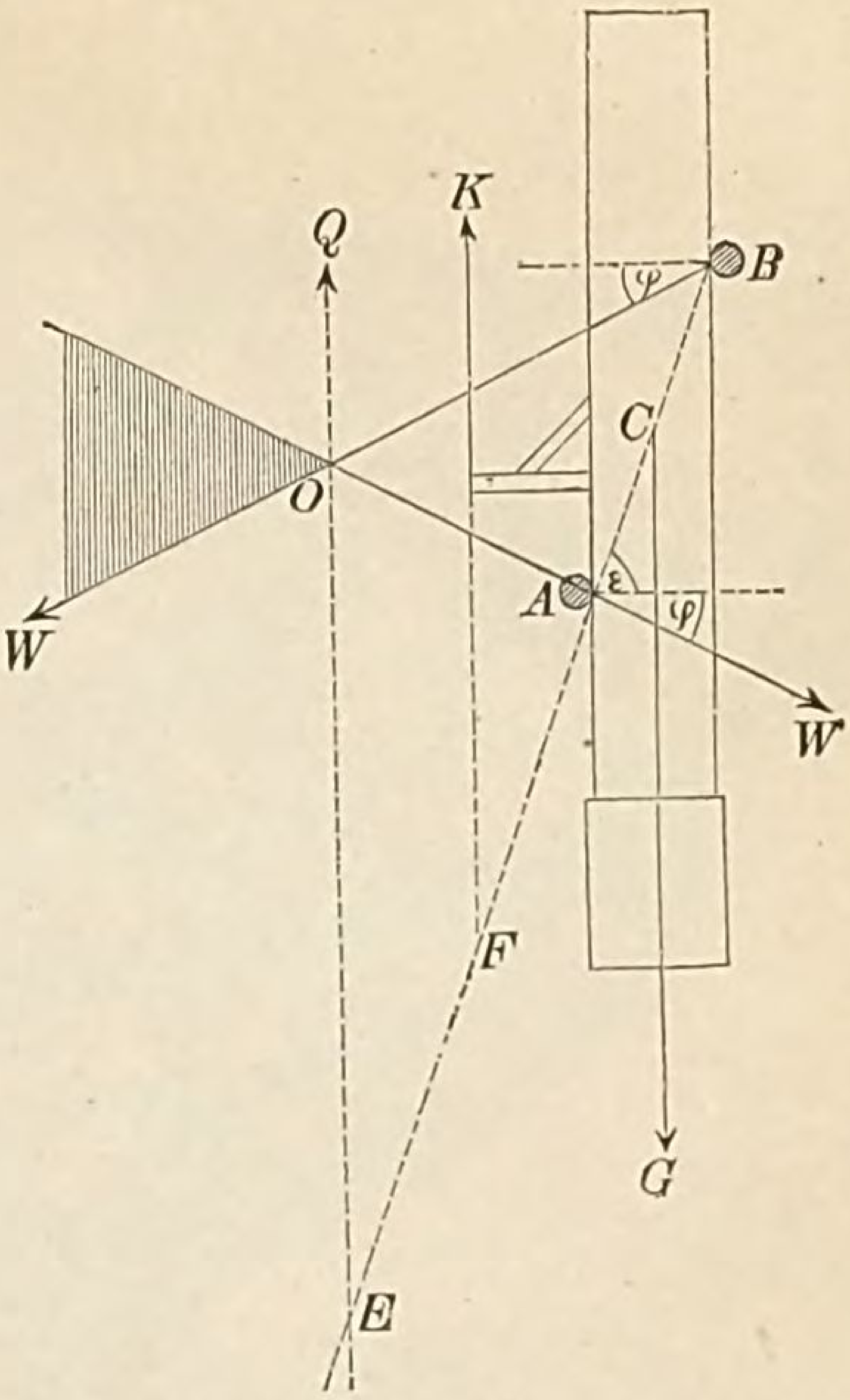


Fig. 3.

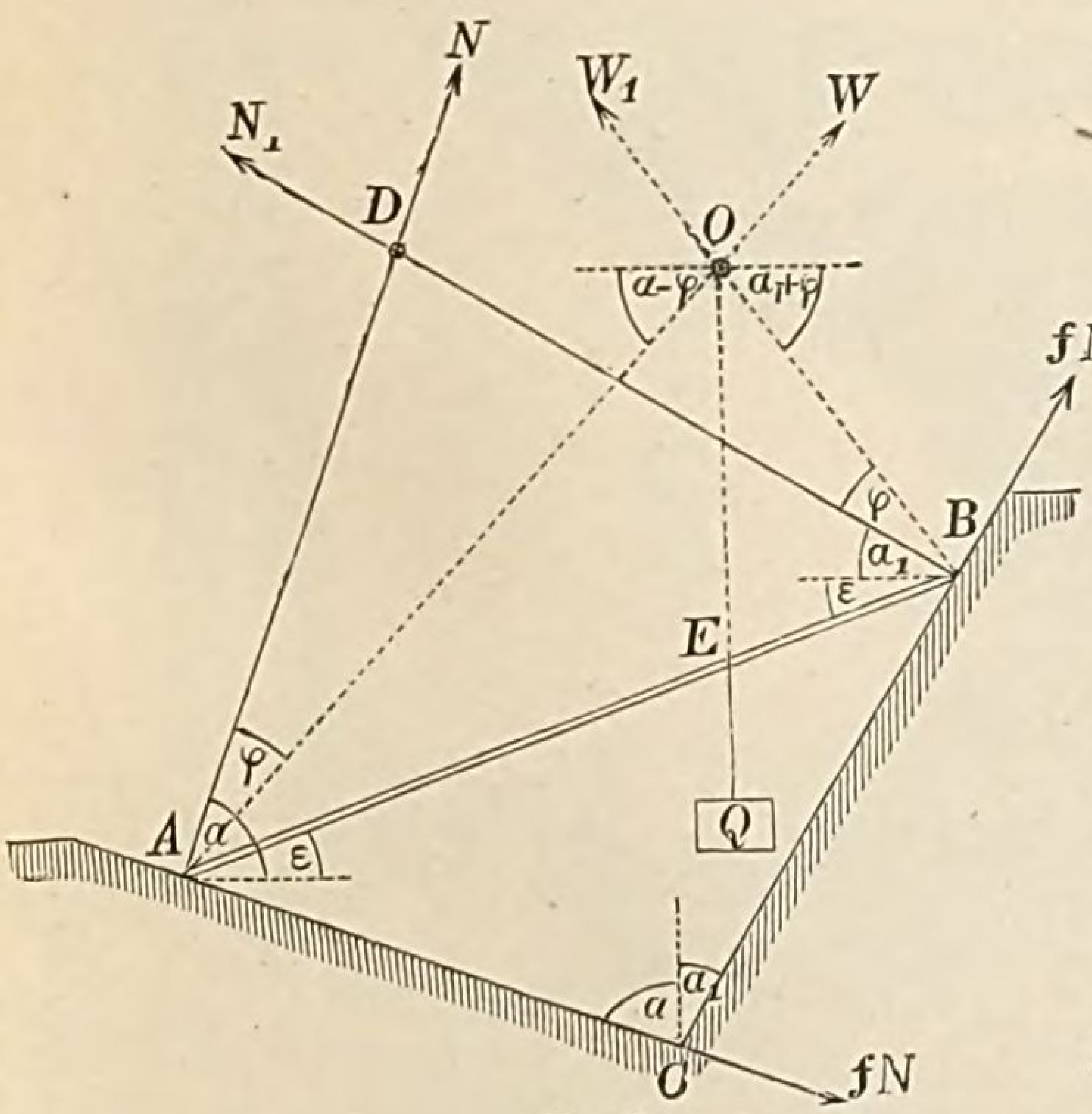


Fig. 2.

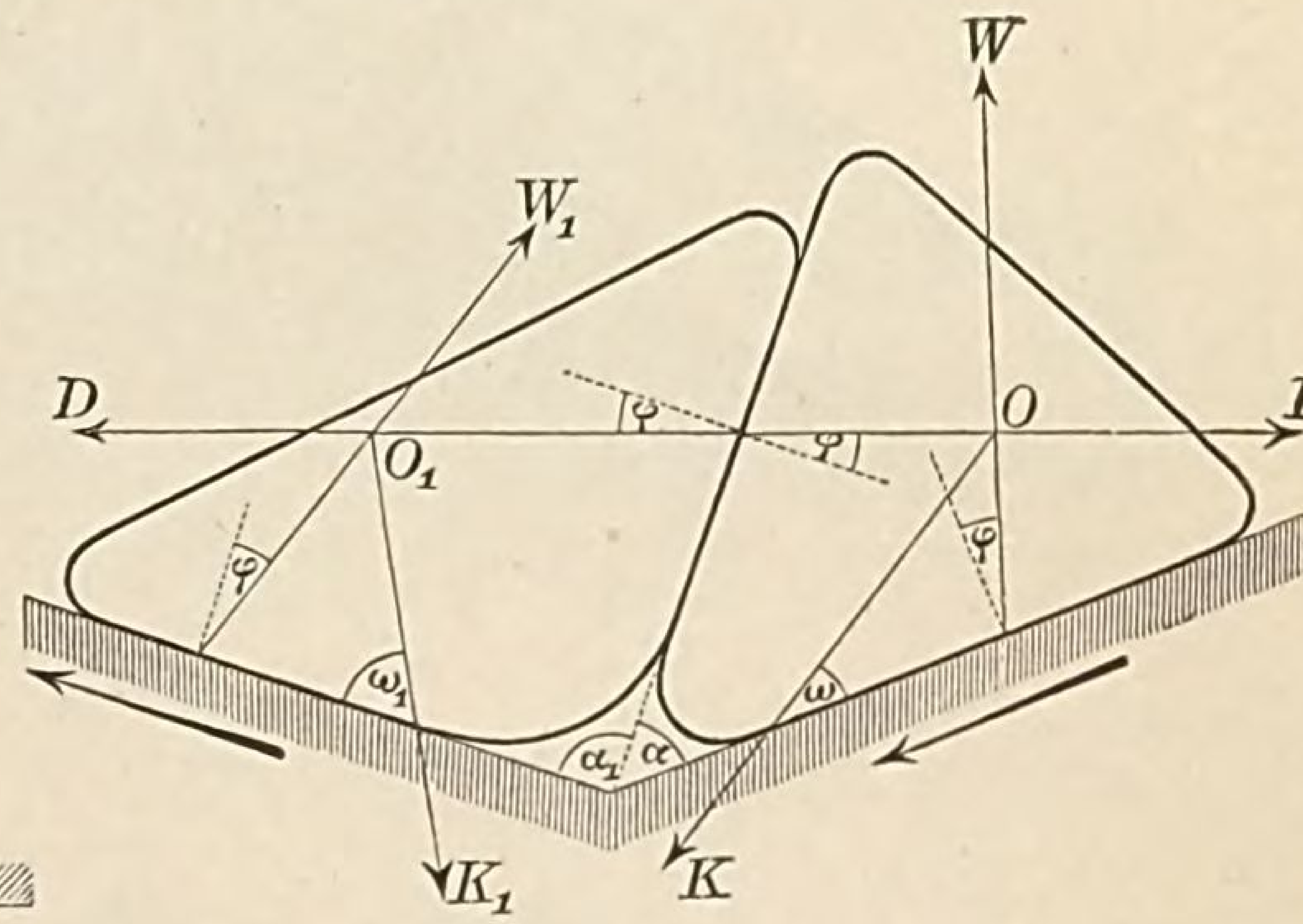


Fig. 4.

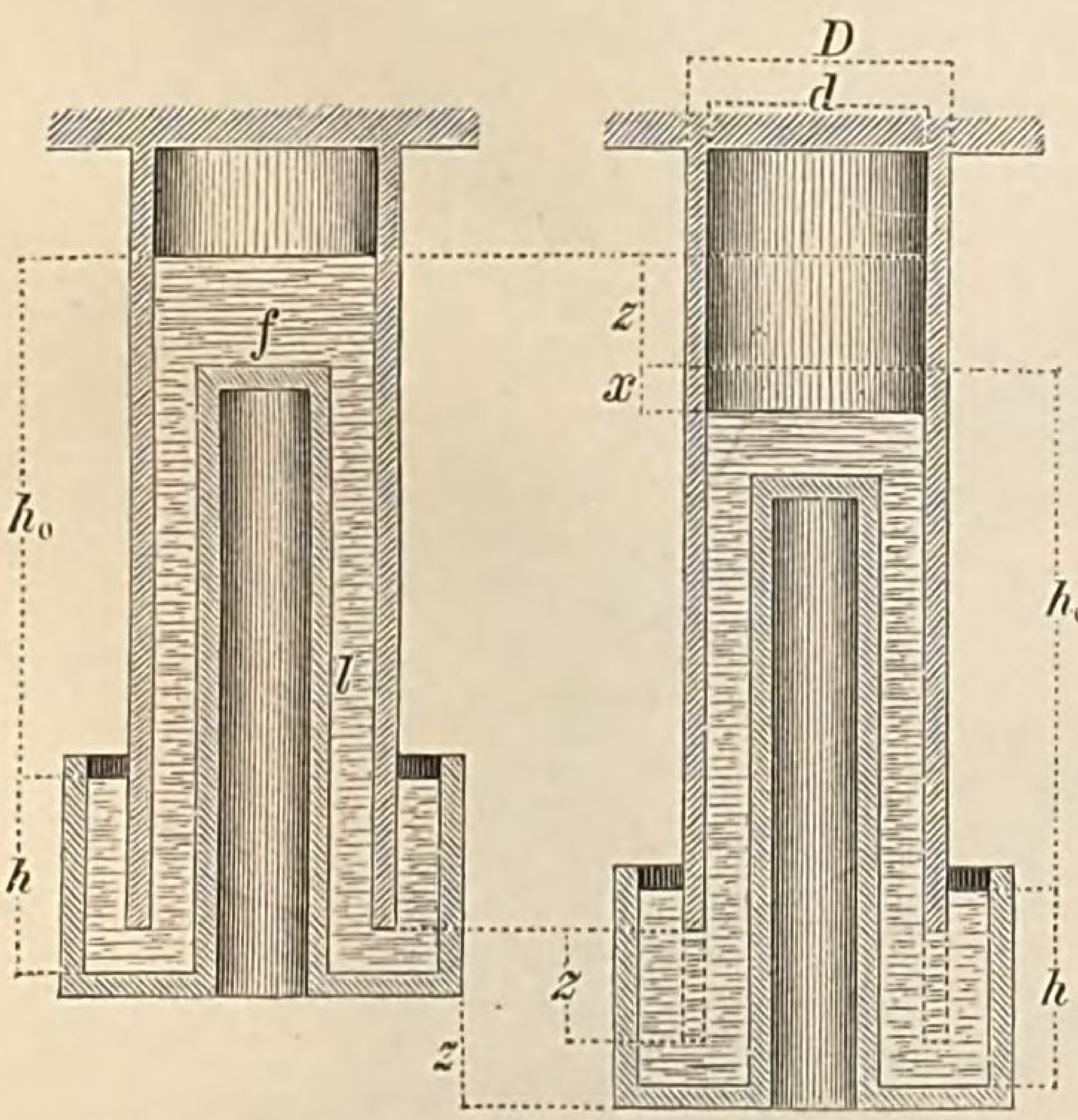


Fig. 6.

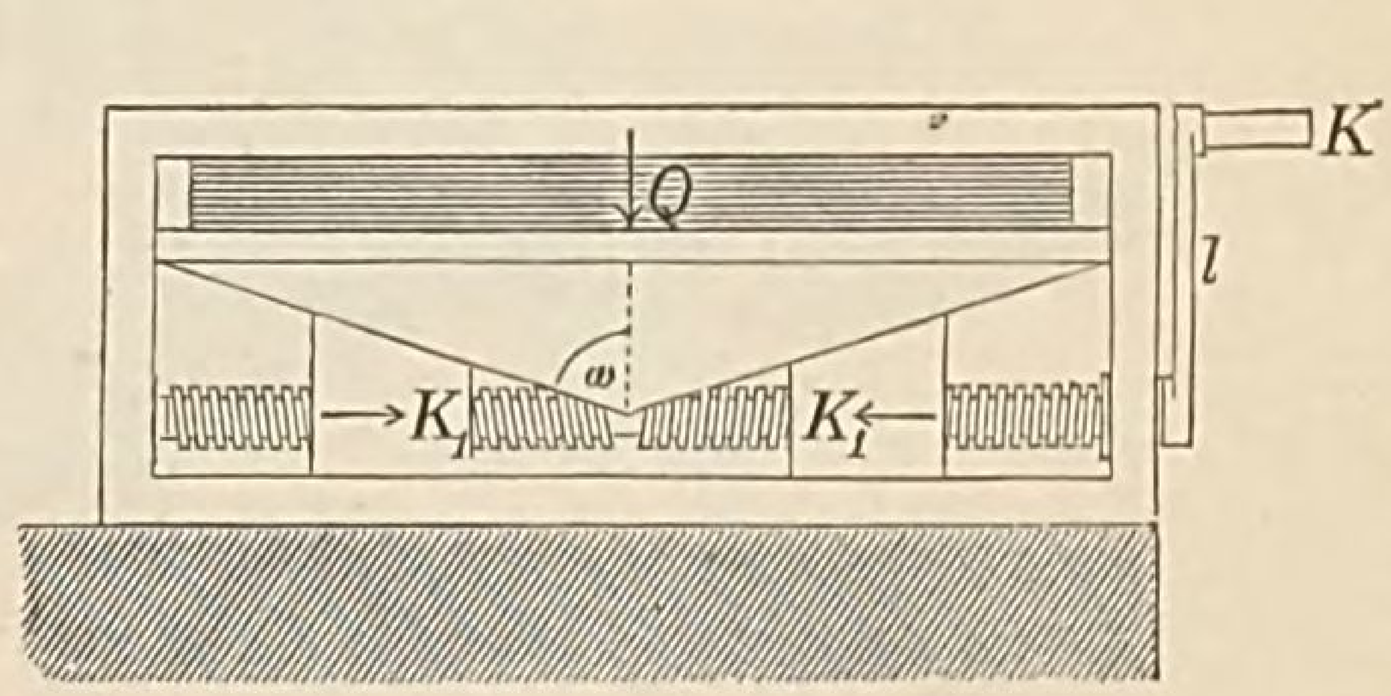


Fig. 5.

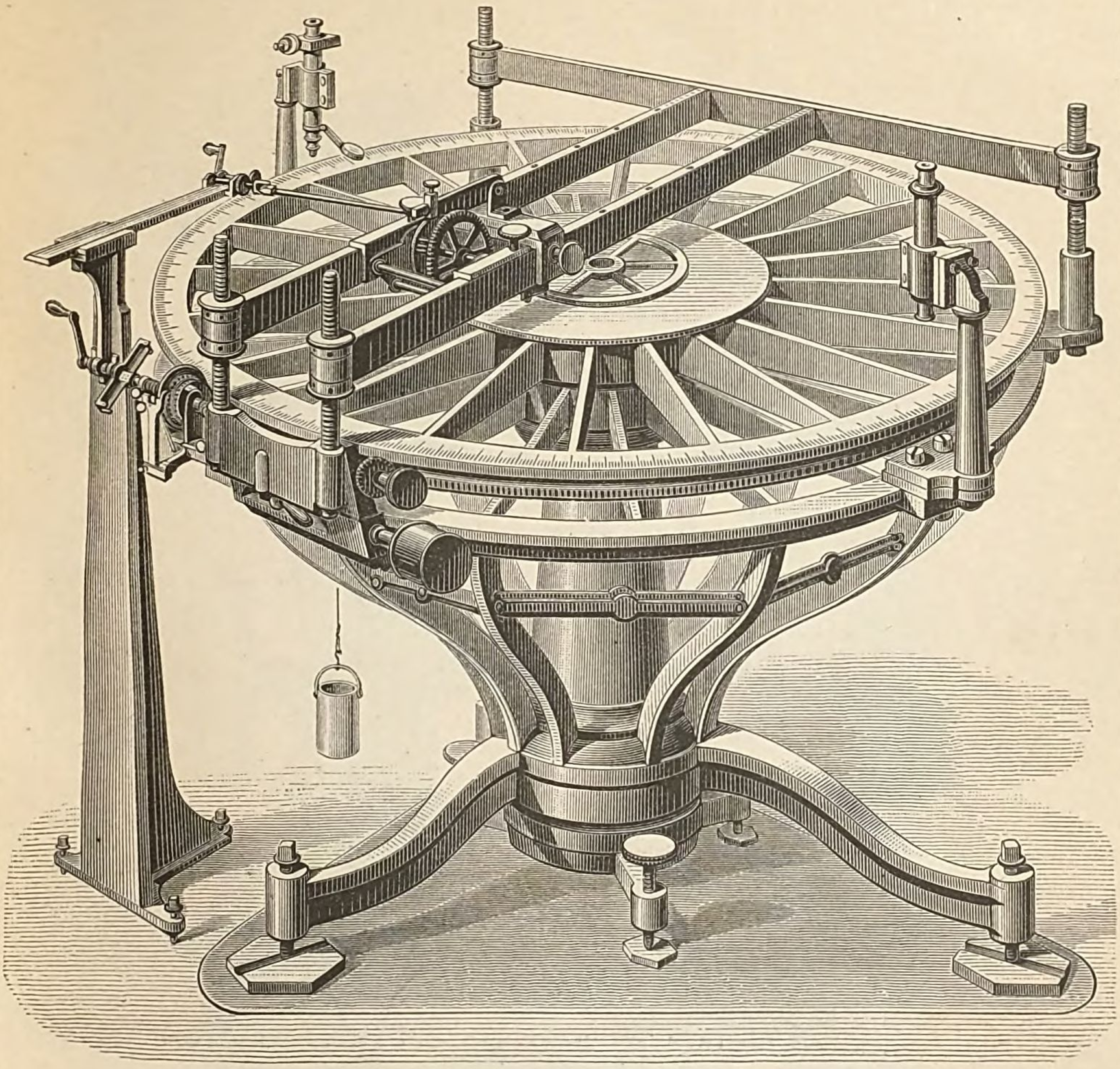


Fig. 1.

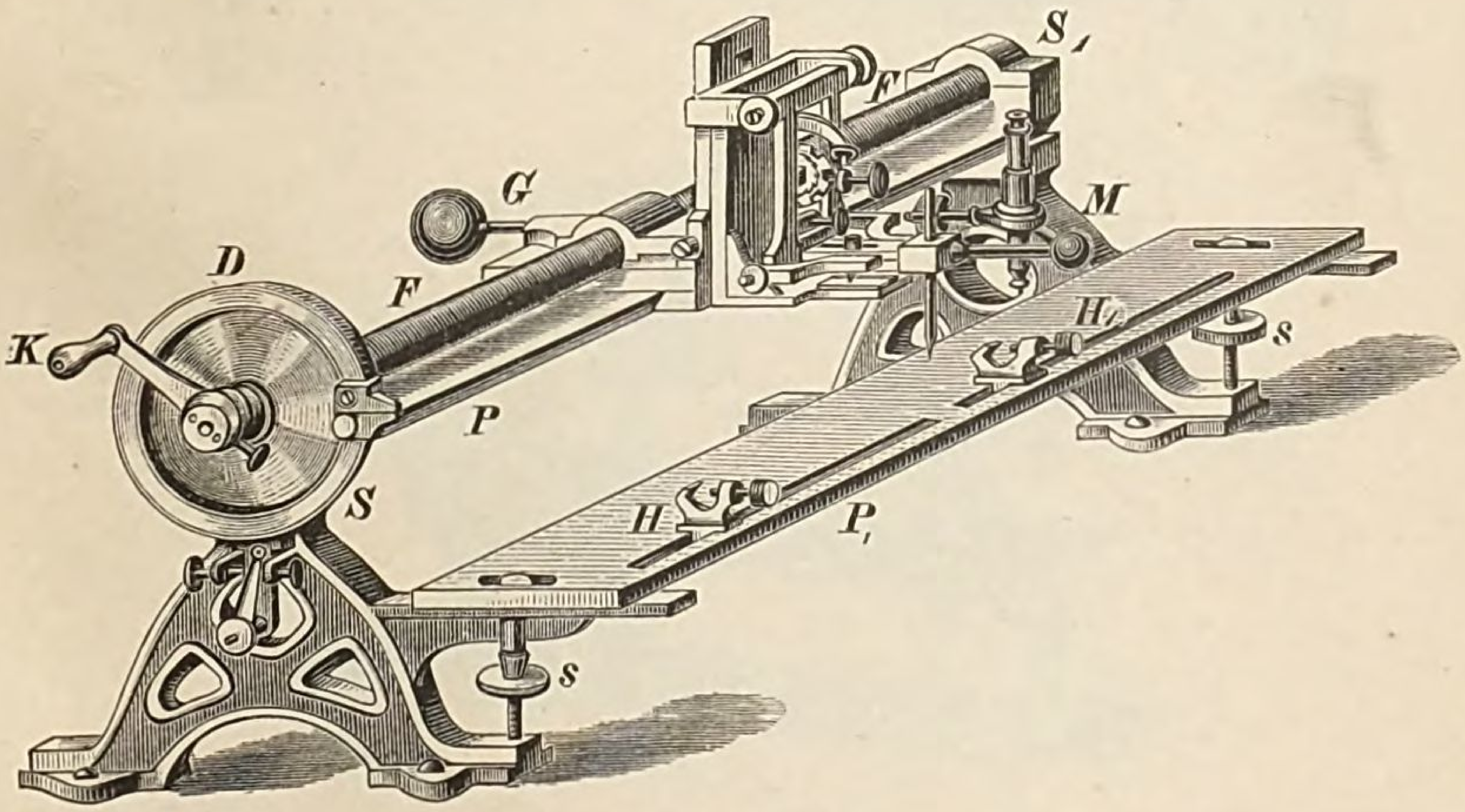


Fig. 2.

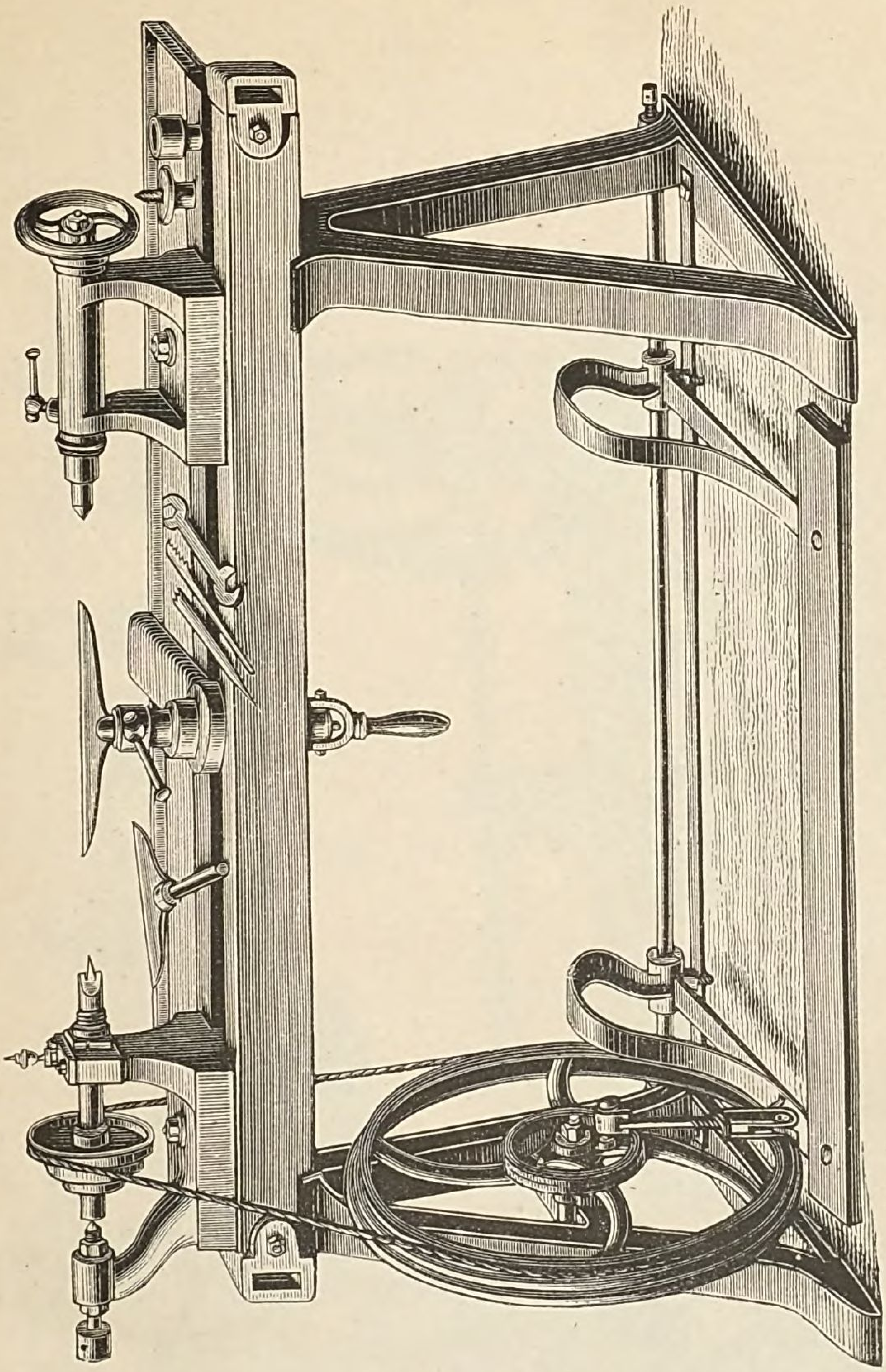


Fig. 1.

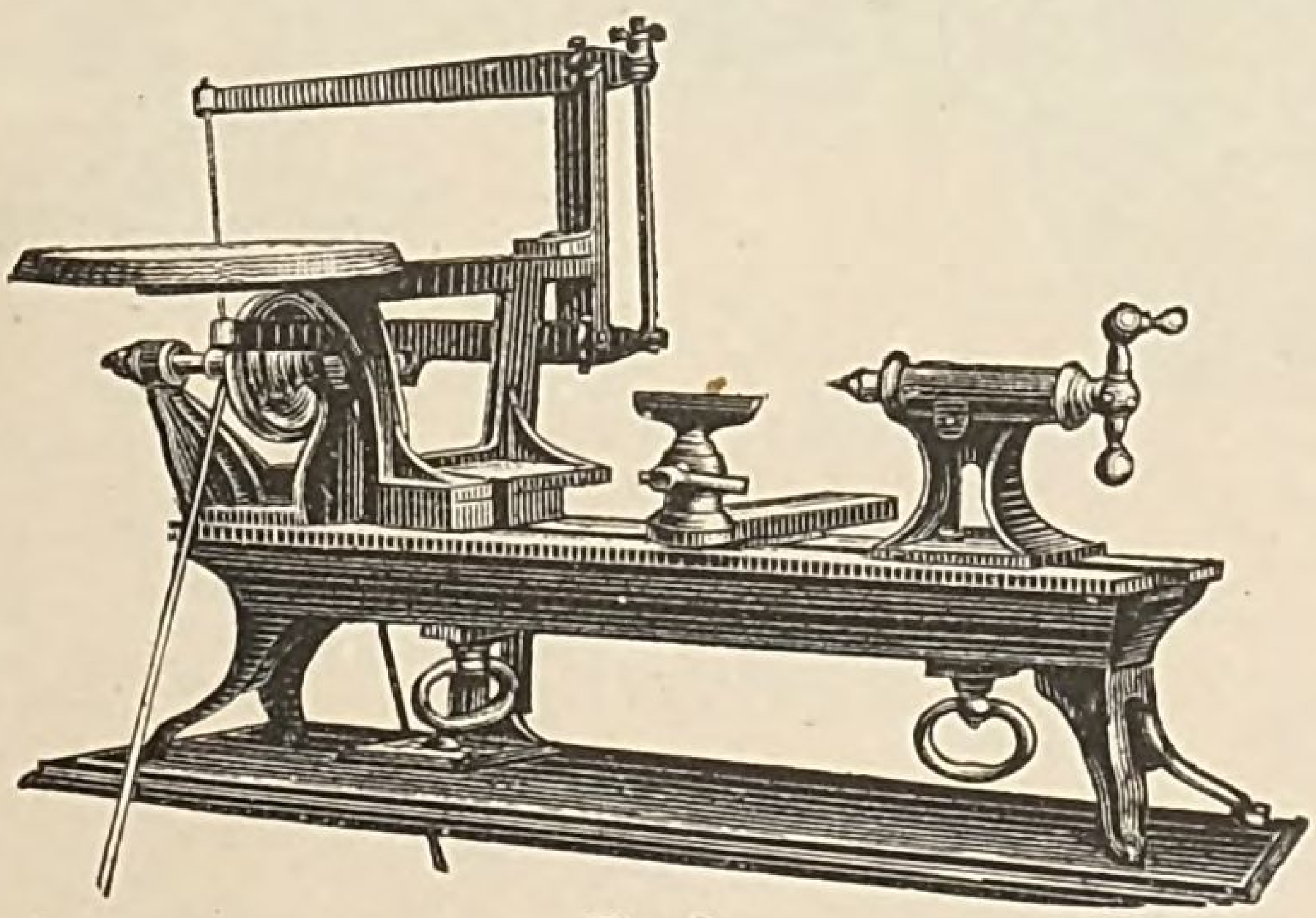


Fig. 2.

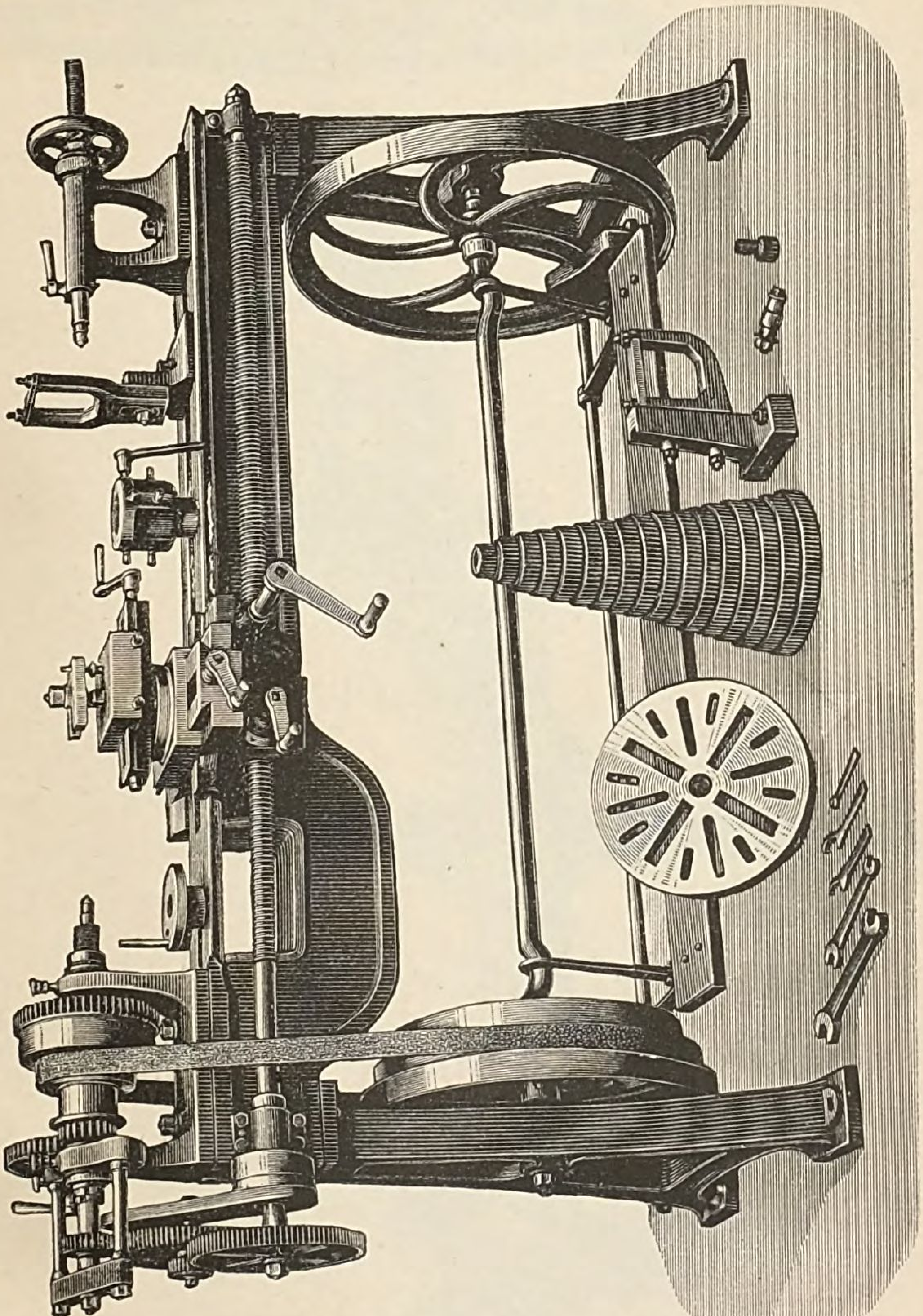


Fig. 1.

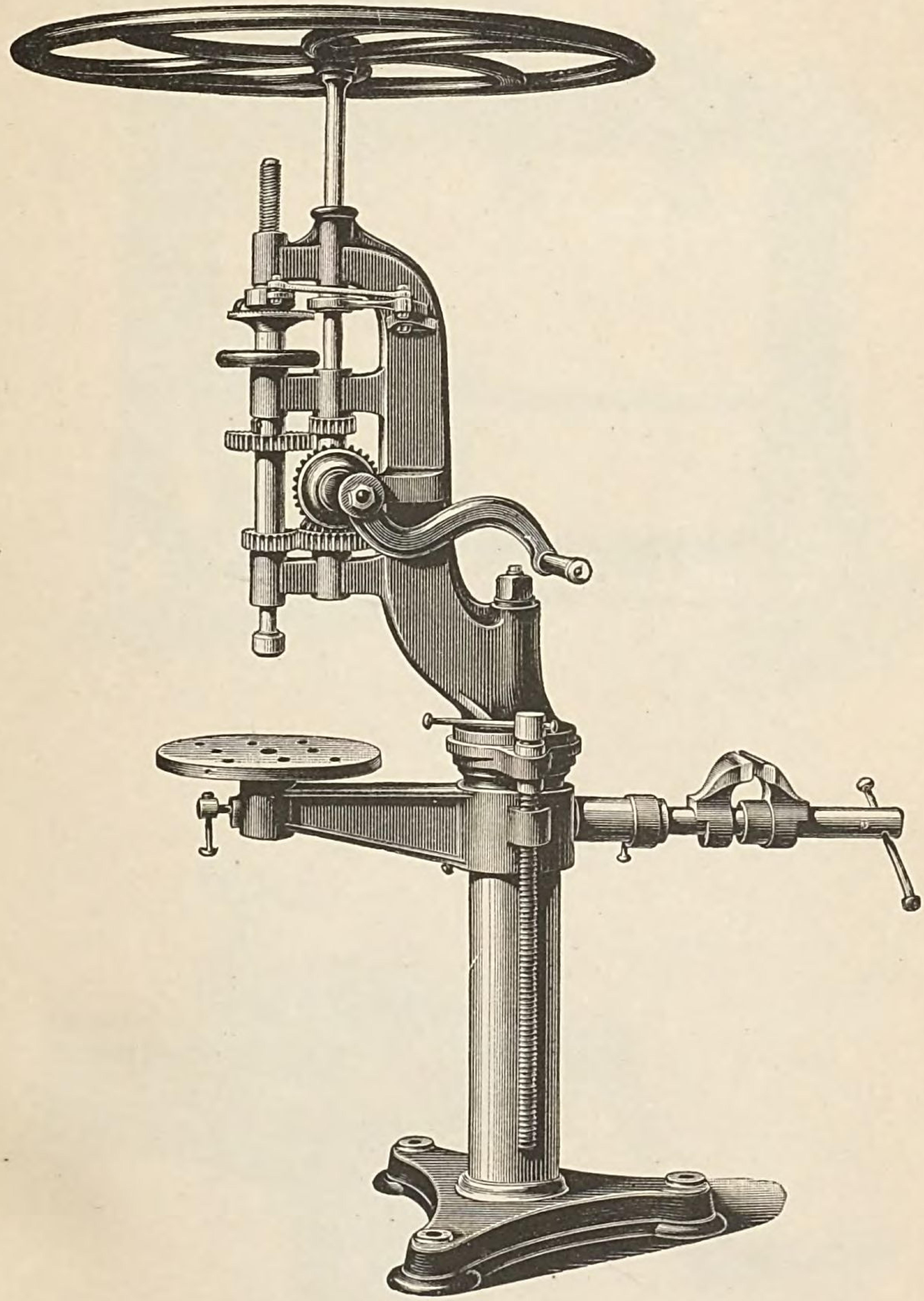


Fig. 1.

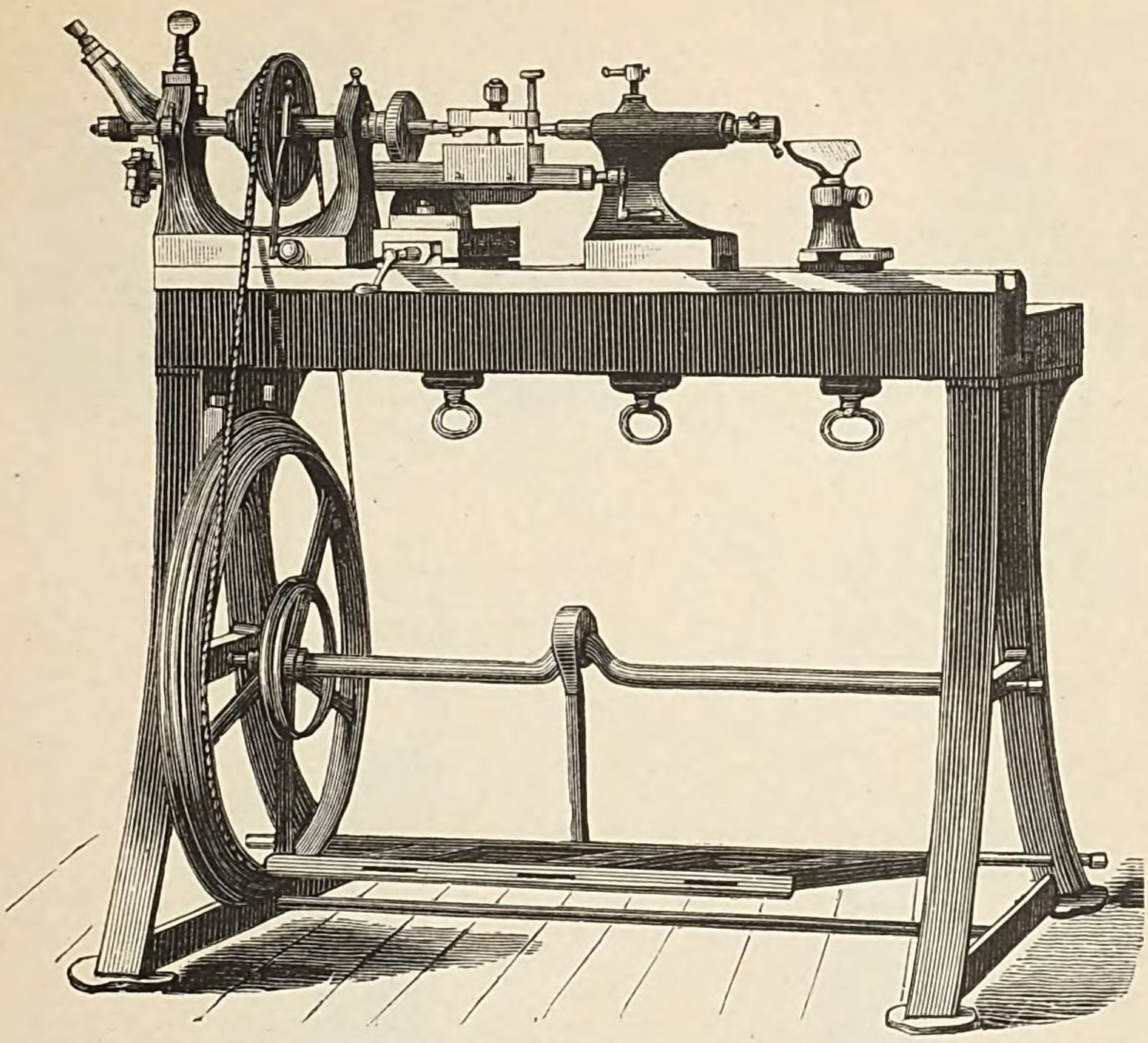


Fig. 1.

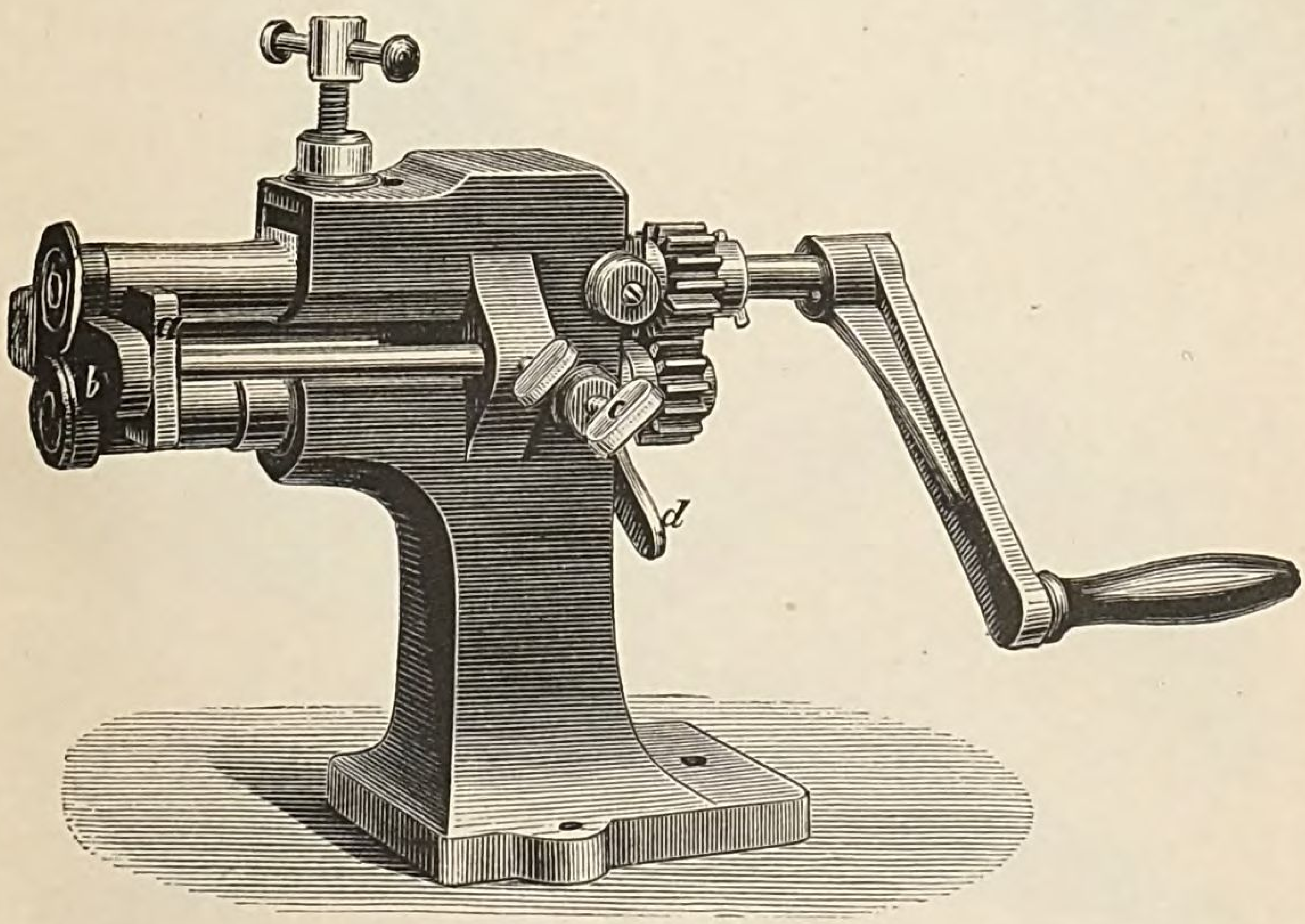


Fig. 2.

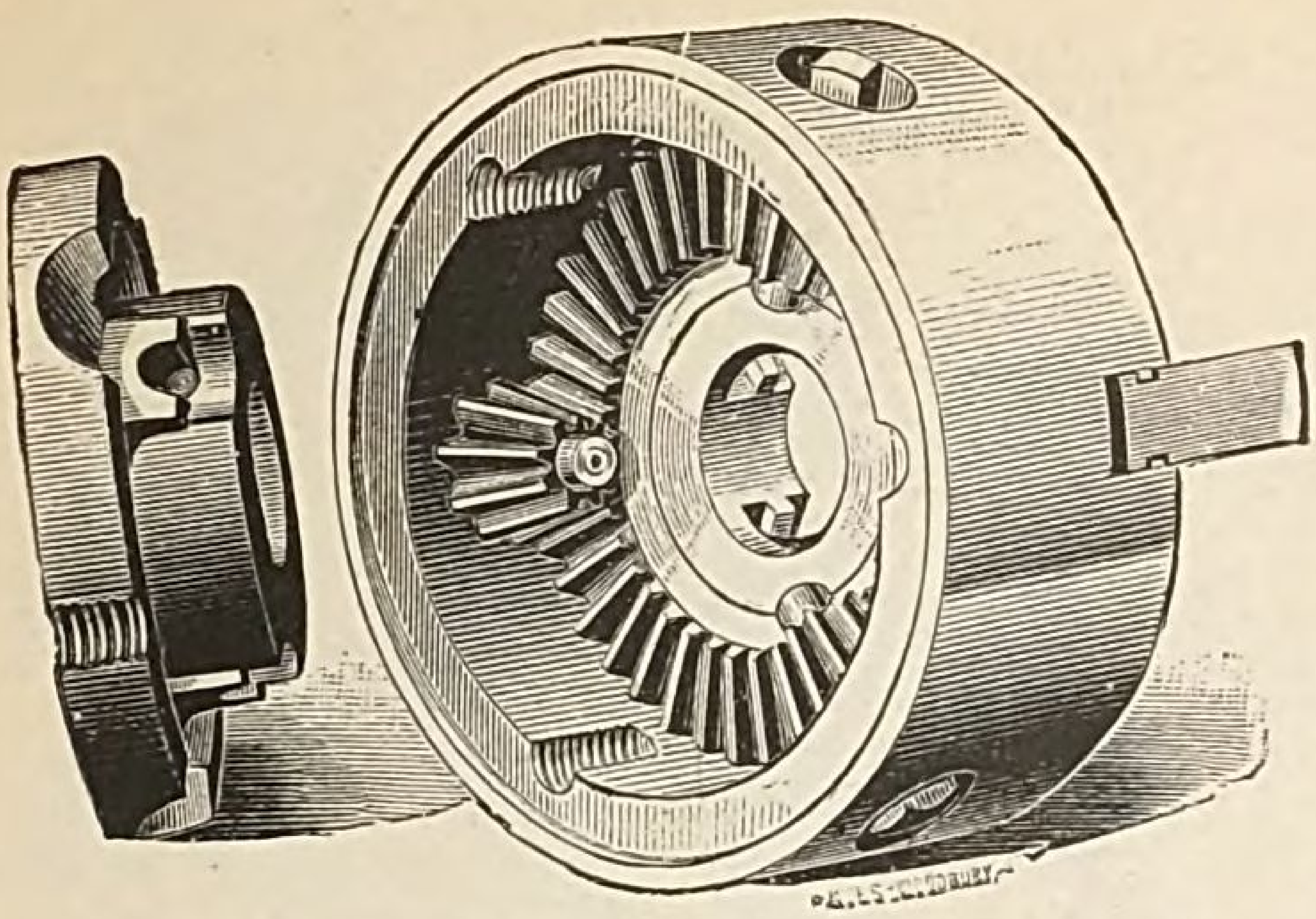


Fig. 1.

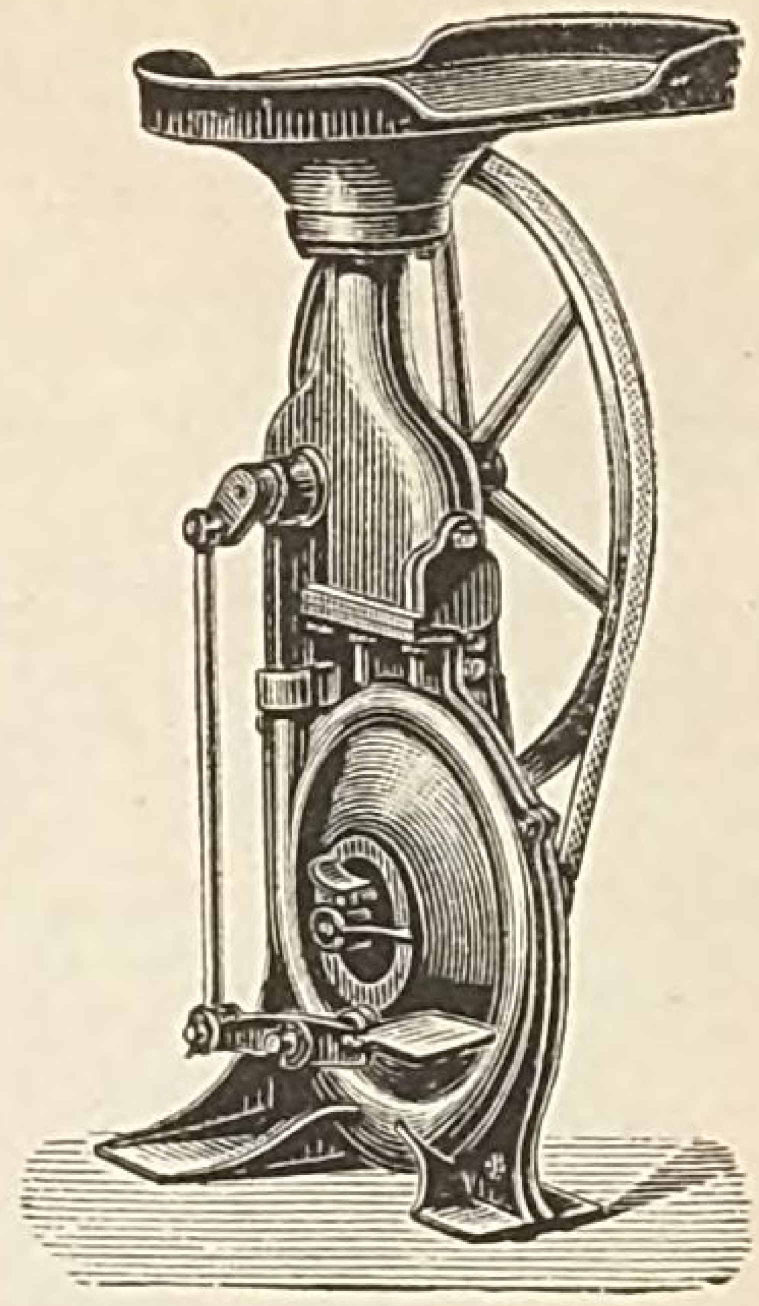


Fig. 3.

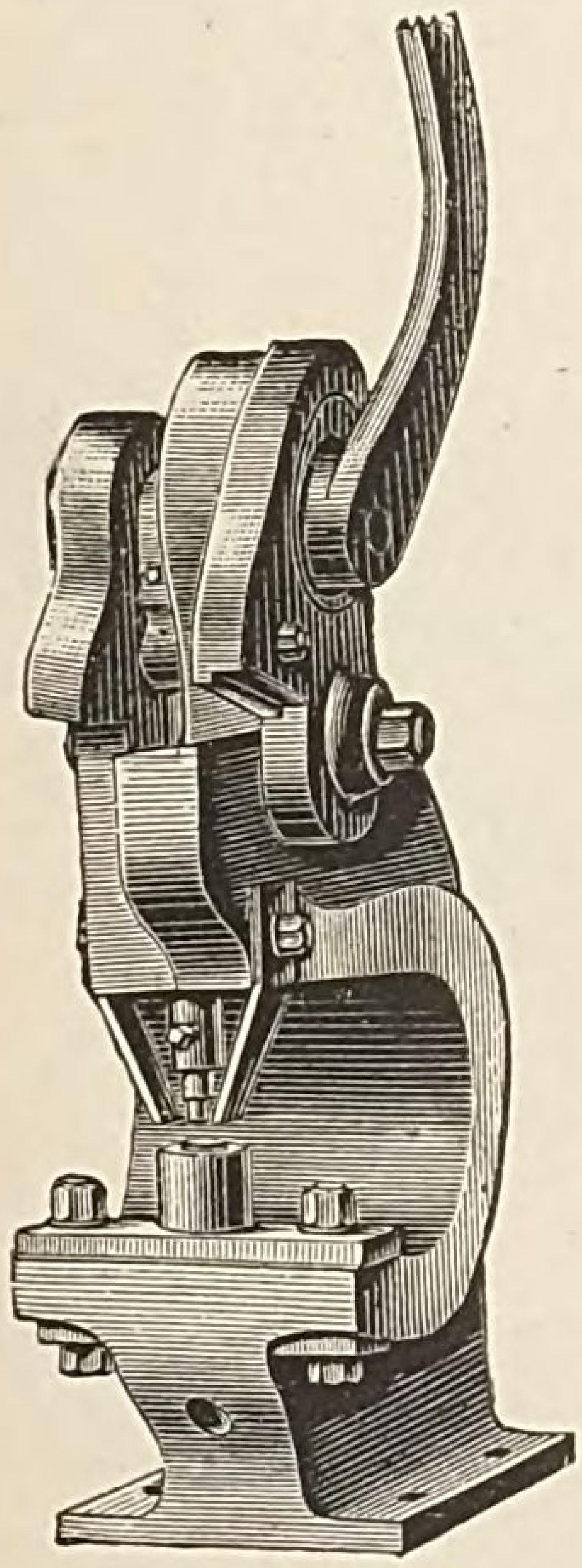


Fig. 2.

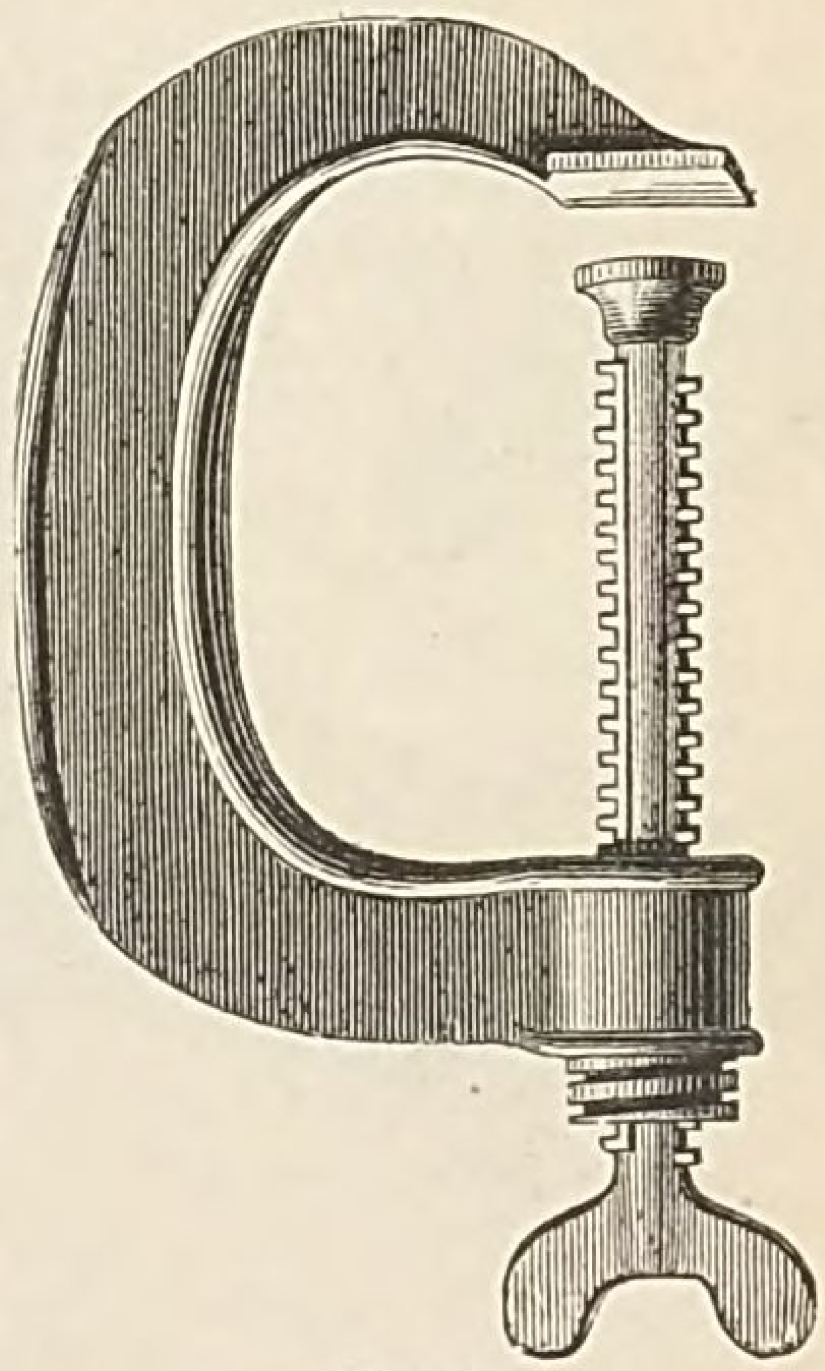


Fig. 4.

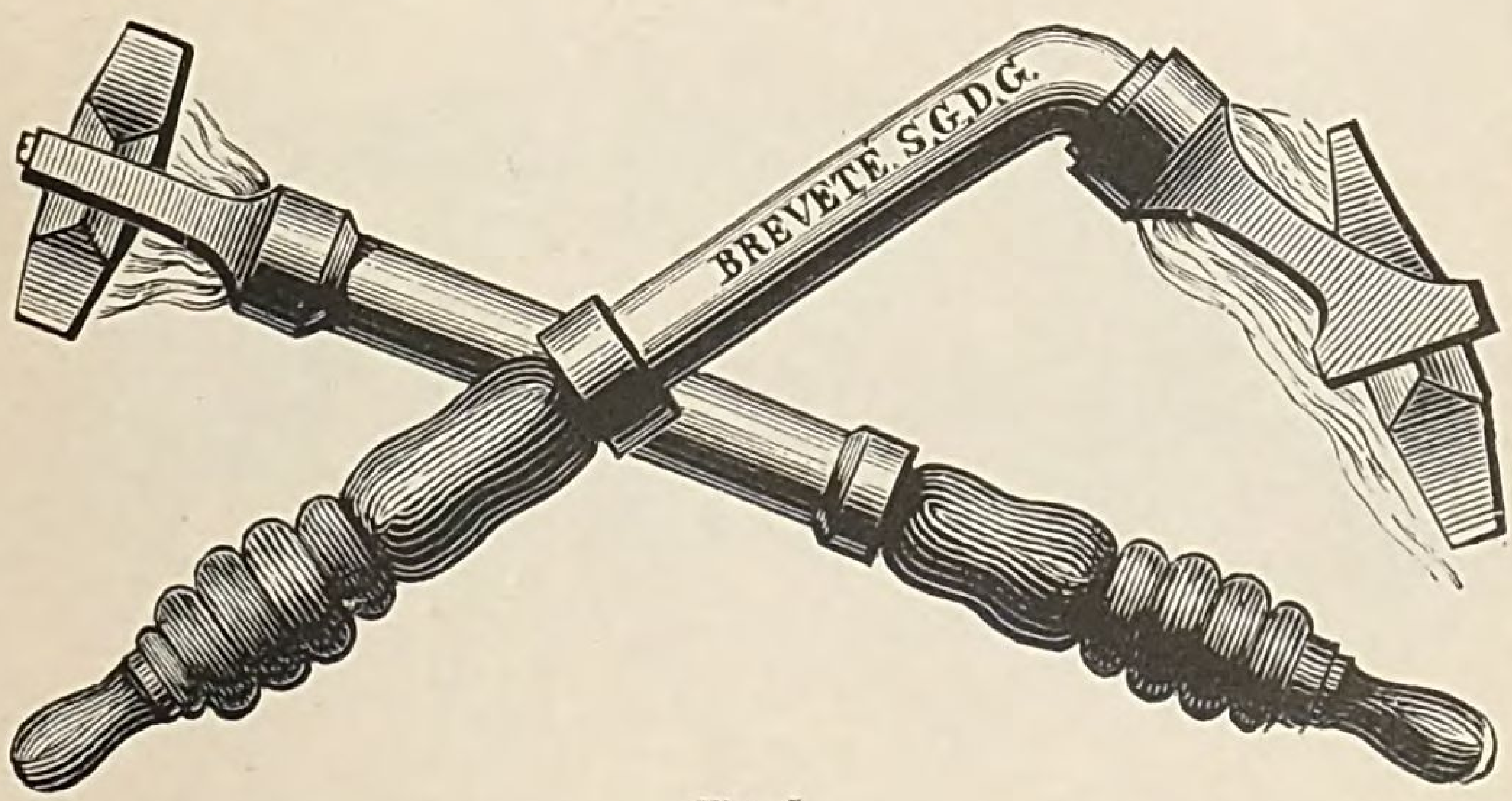
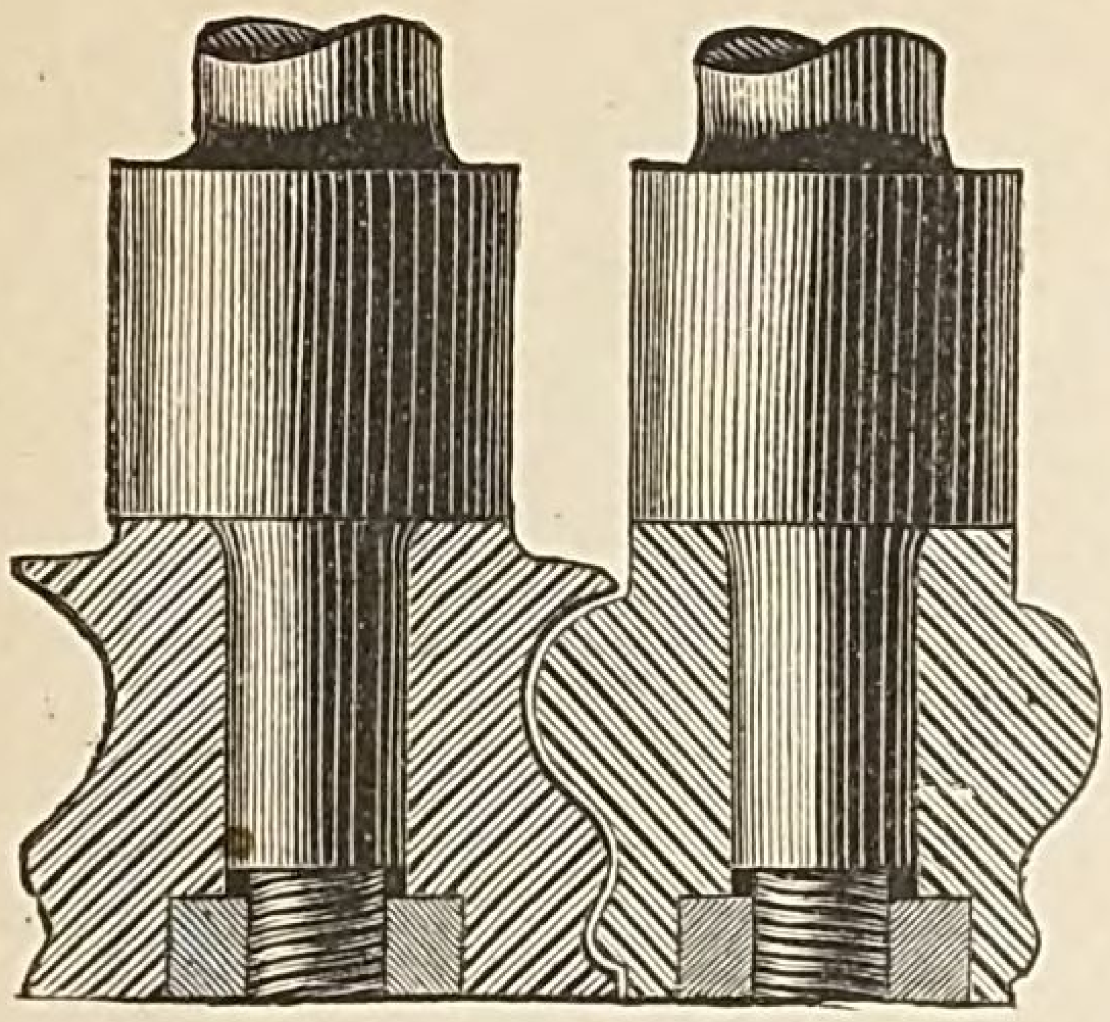
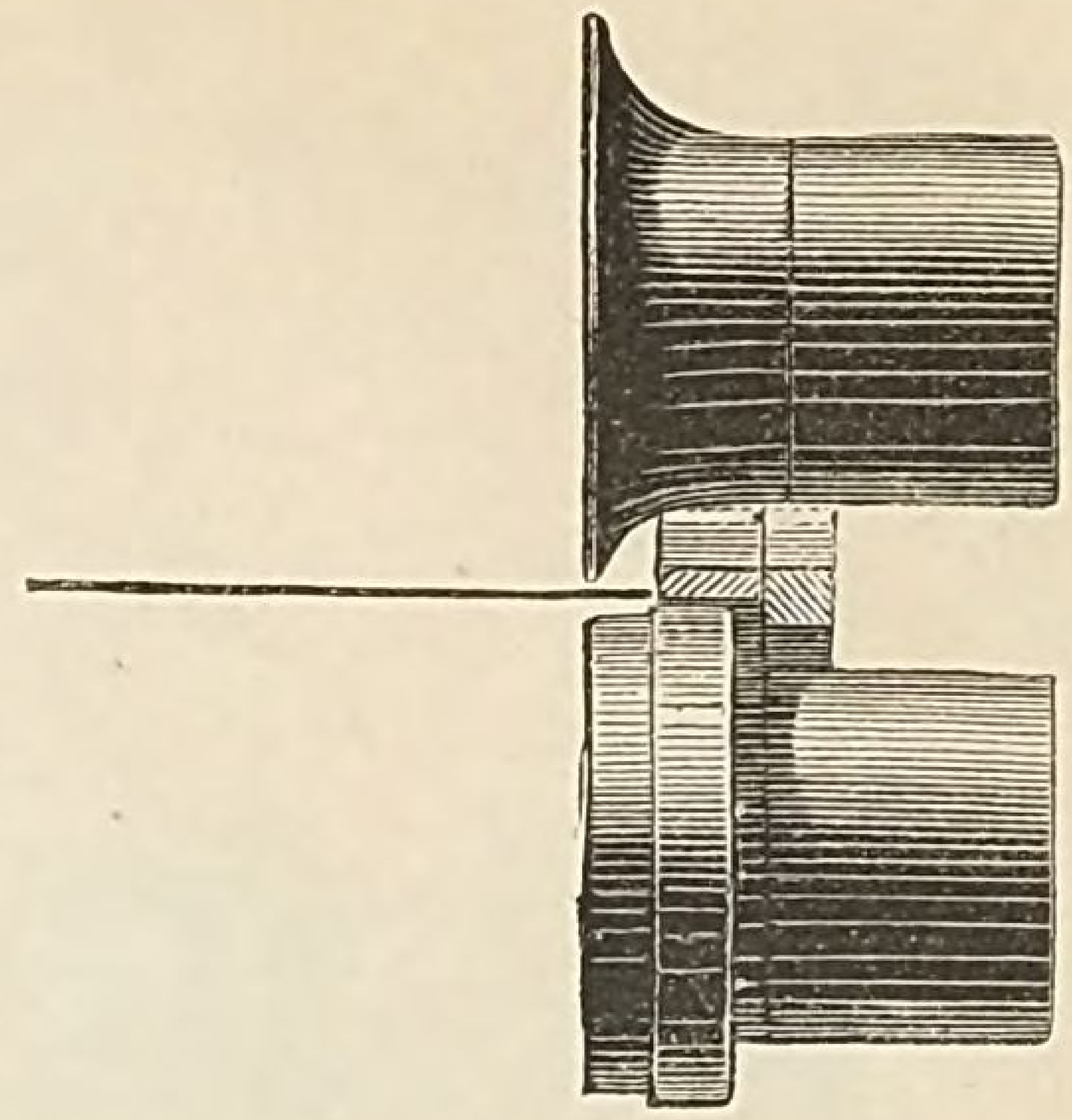


Fig. 5.


Fig. 1a.


Fig. 2a.

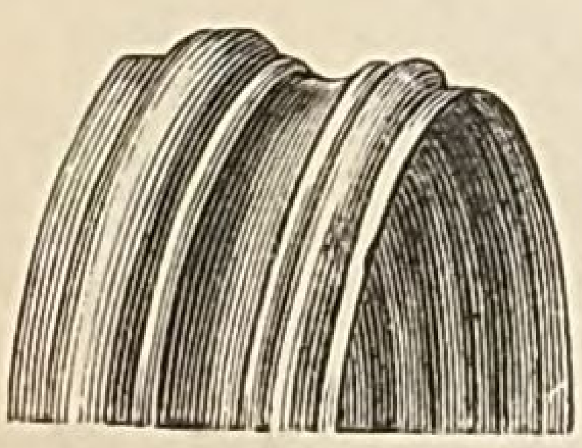
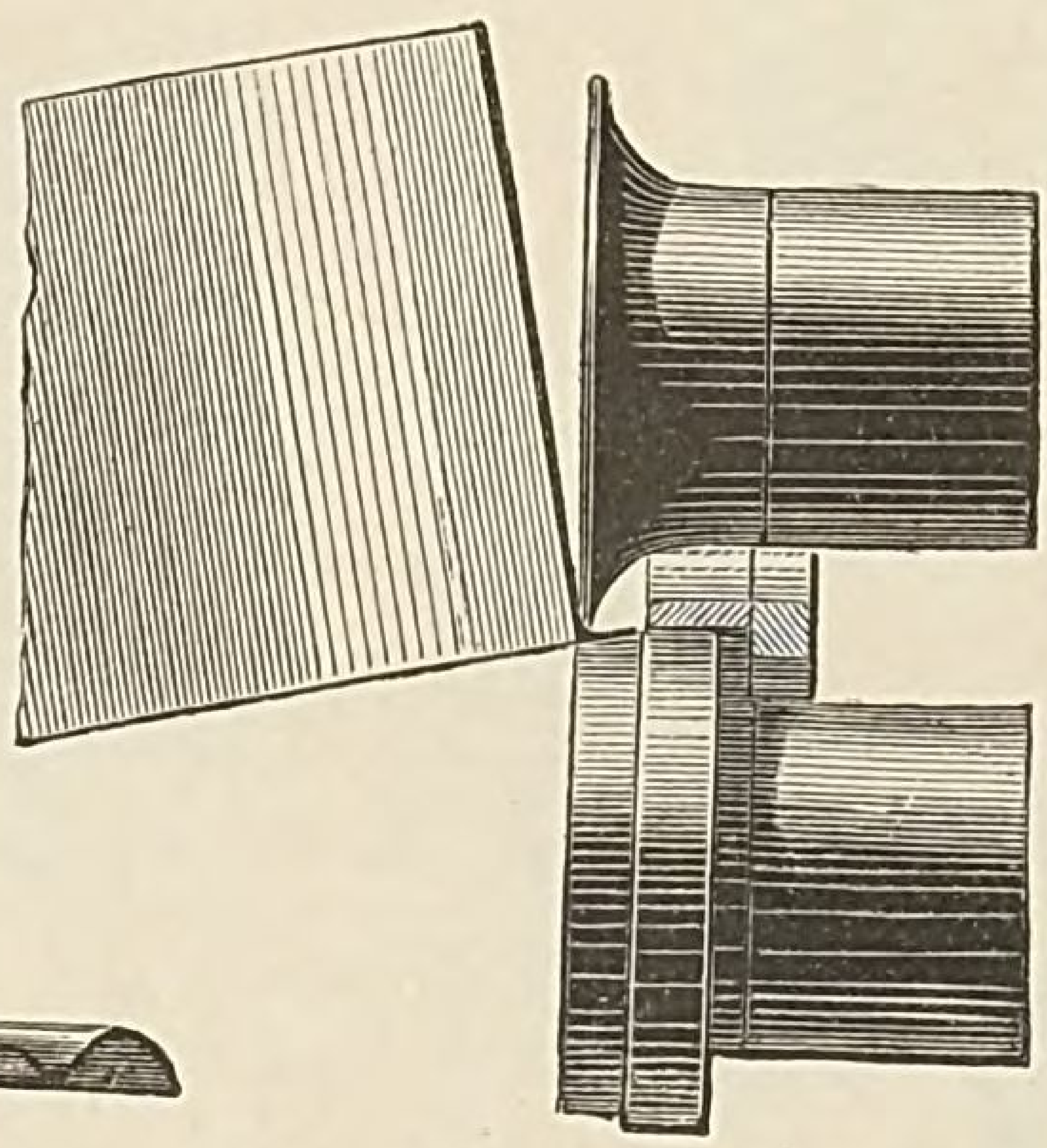
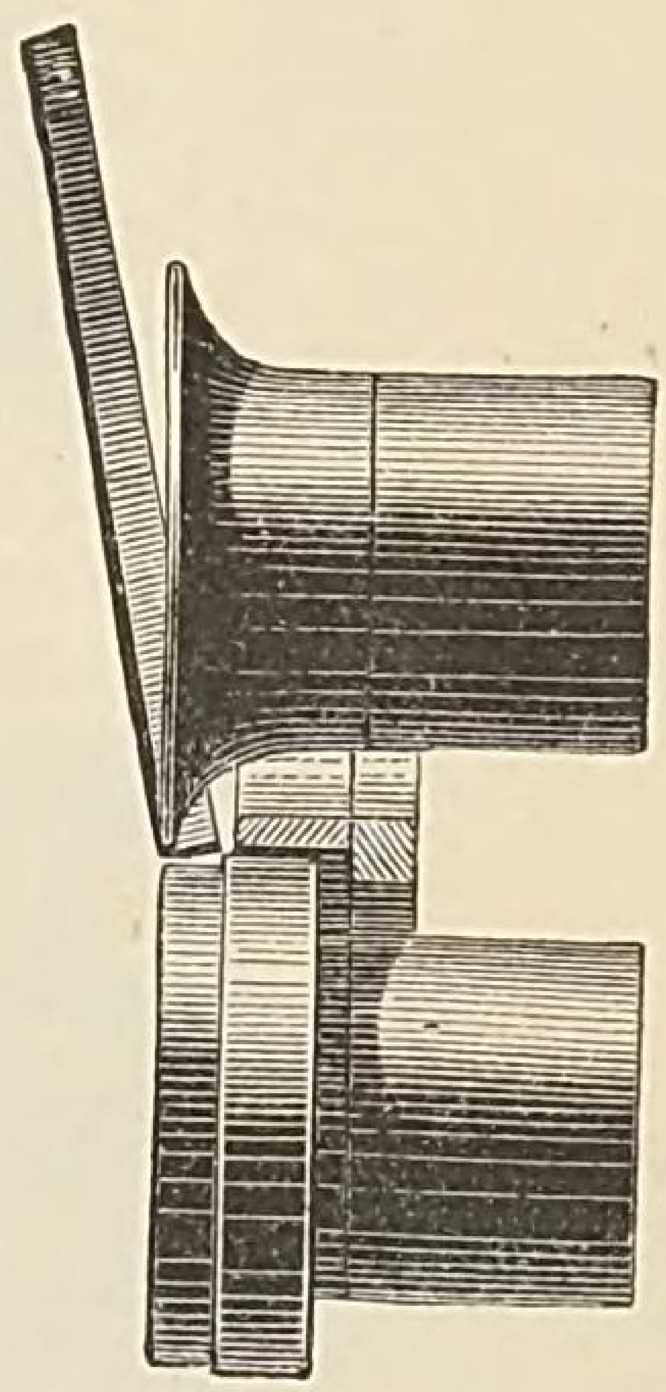

Fig. 1b.


Fig. 1c.


Fig. 2c.


Fig. 2b.

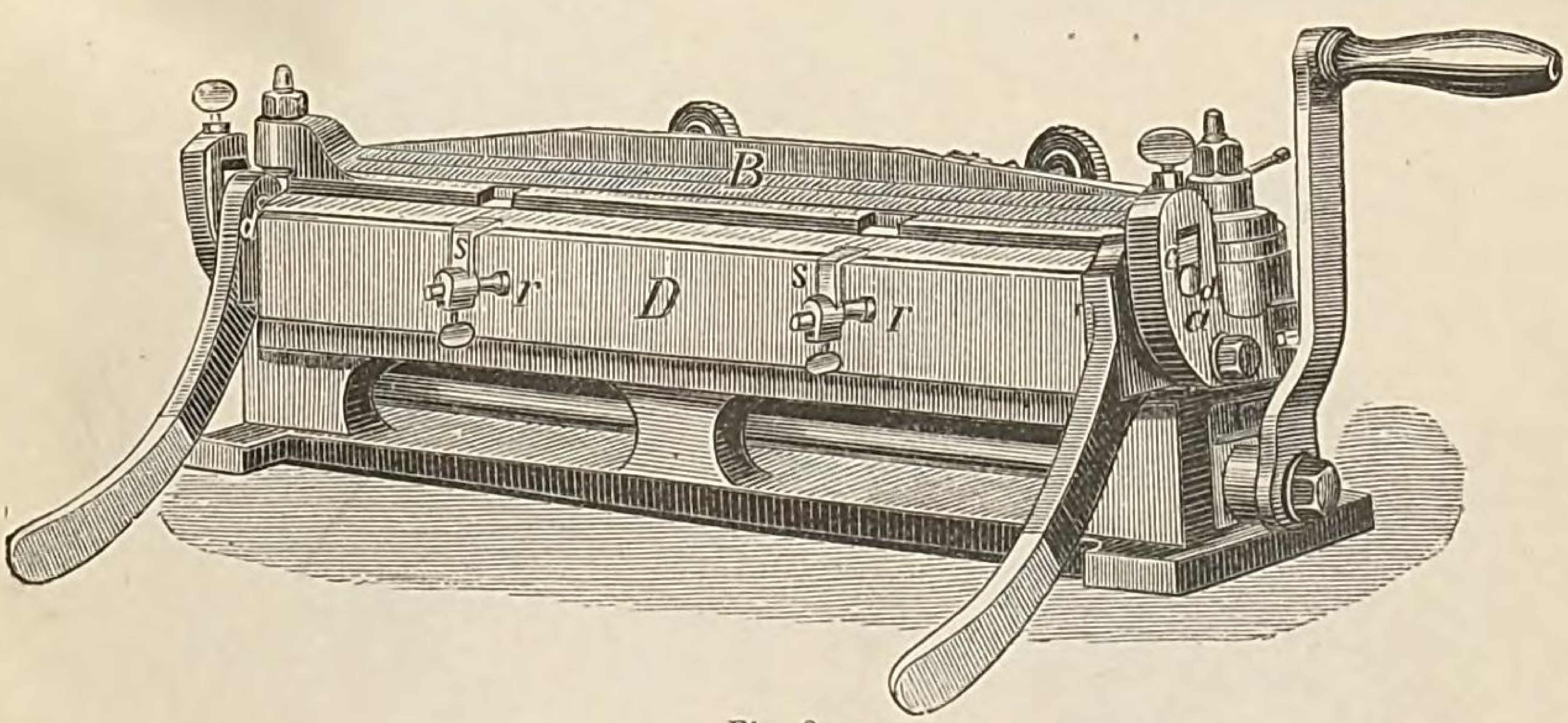
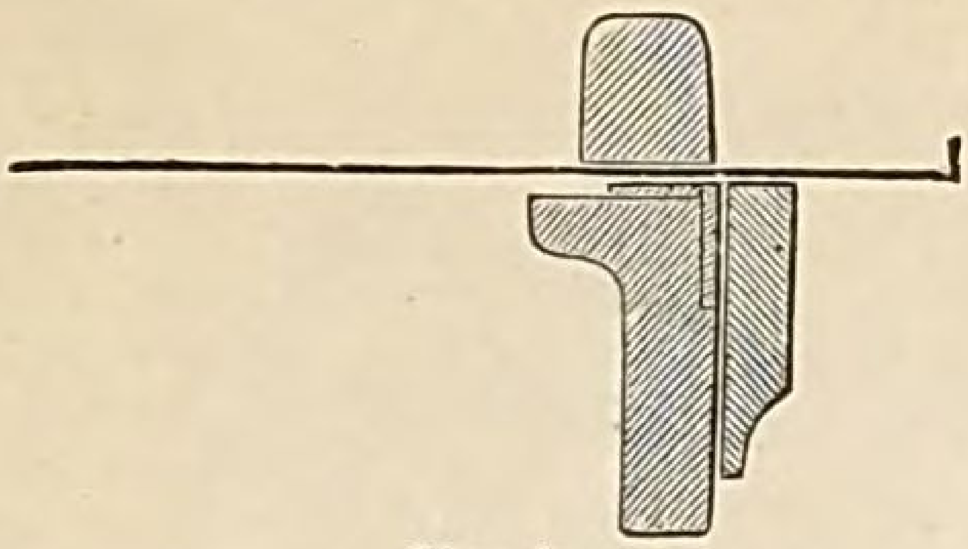
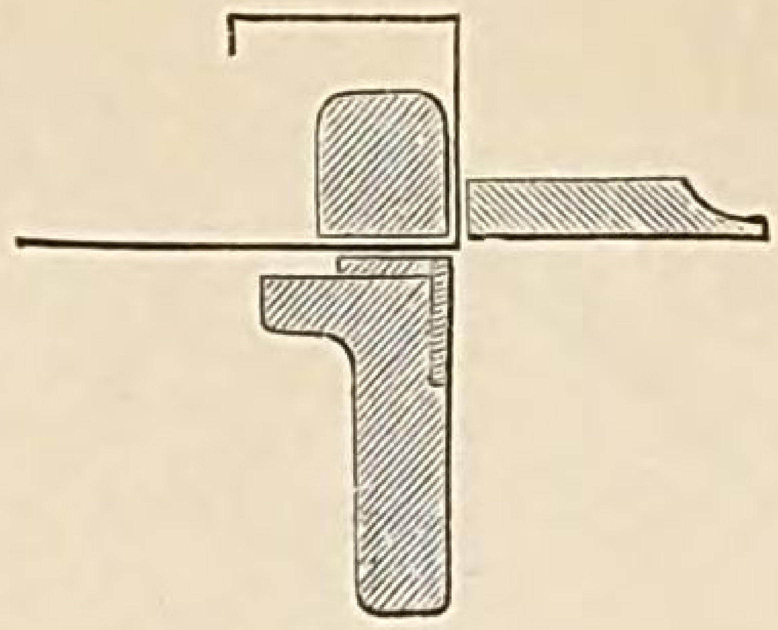
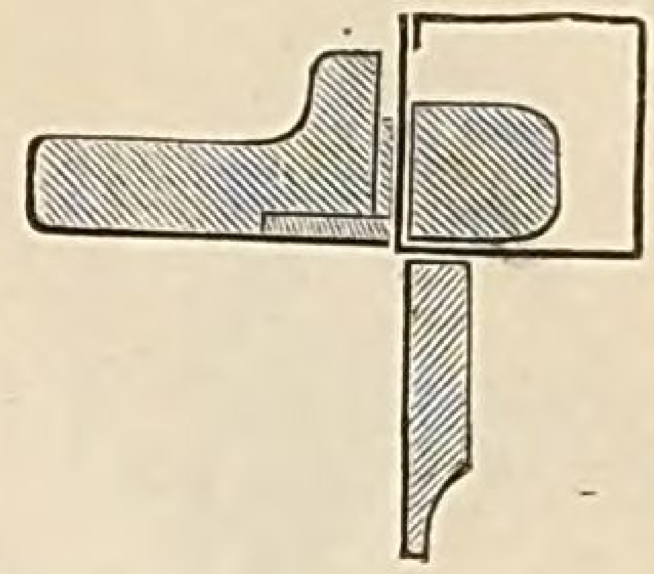
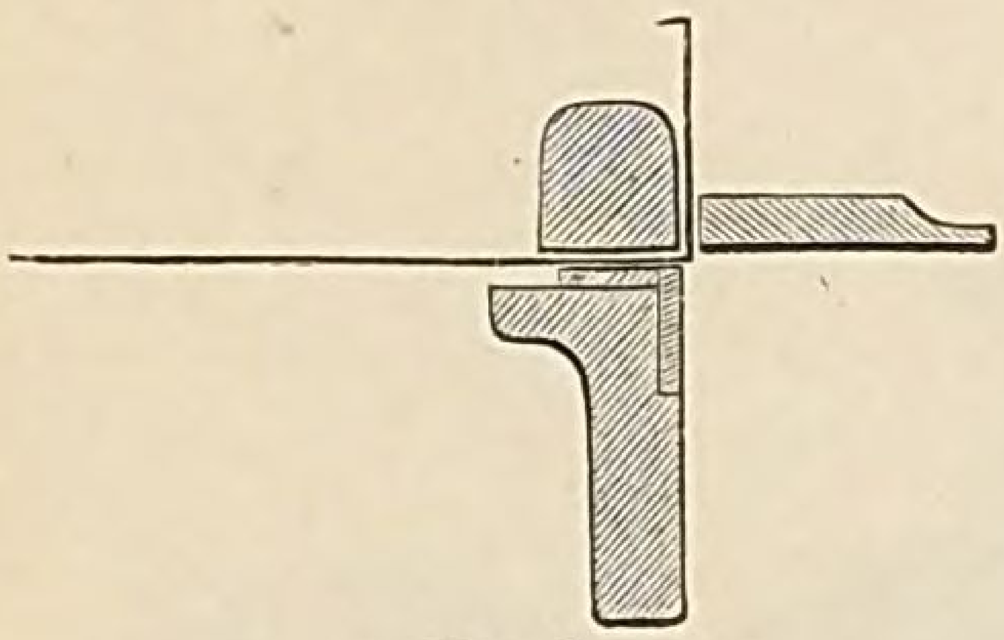


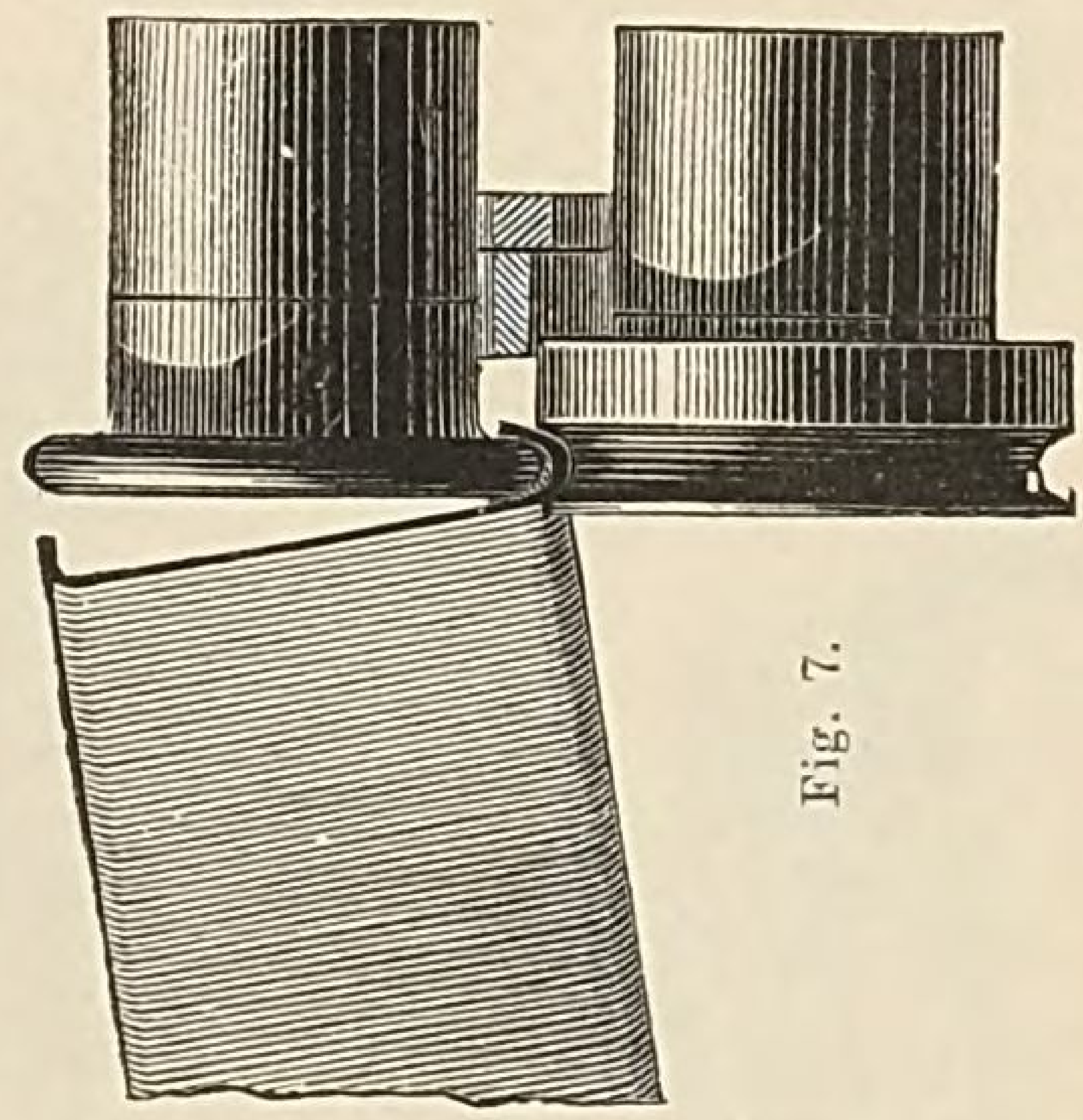
Fig. 3.

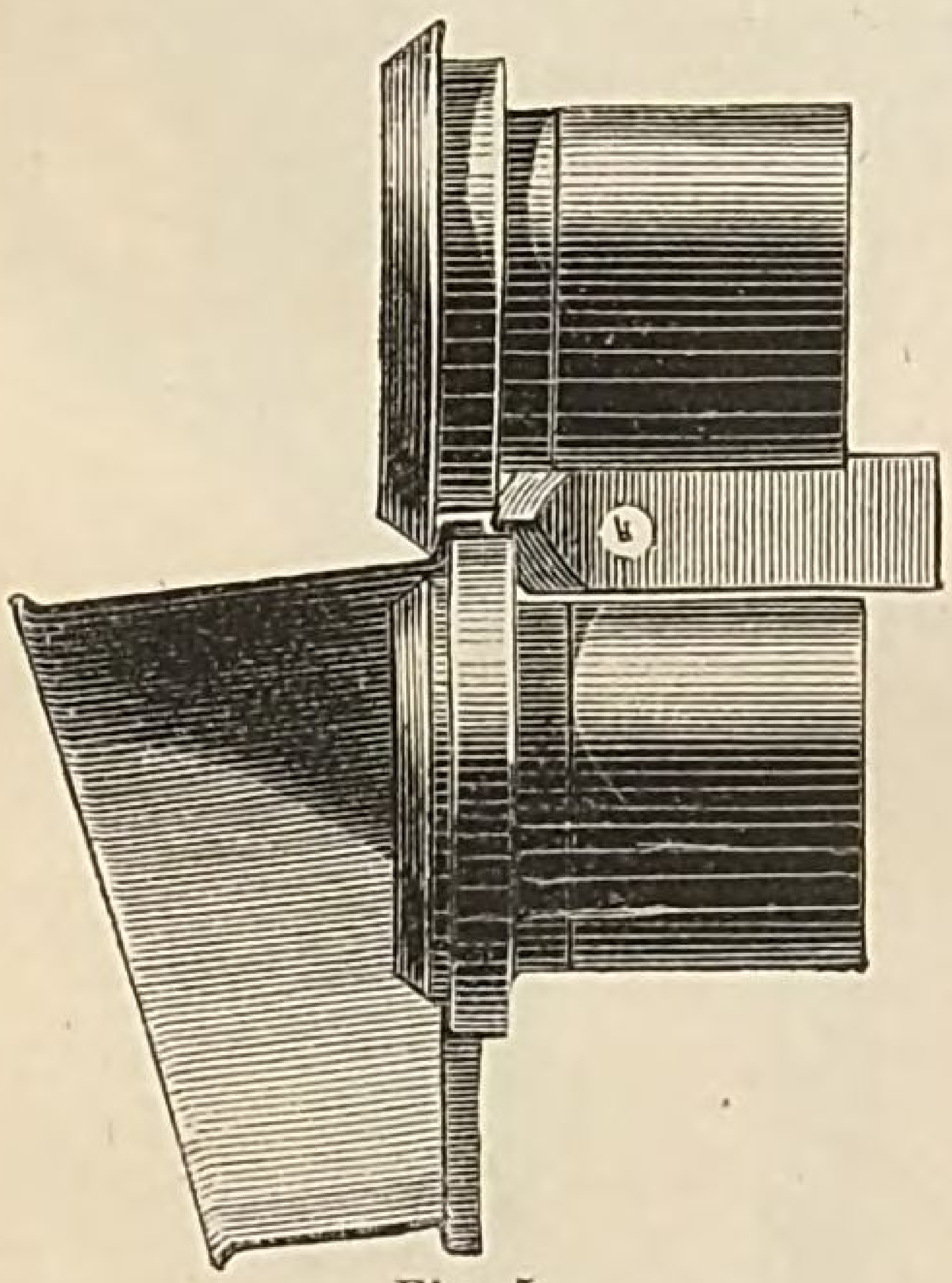

Fig. 1.

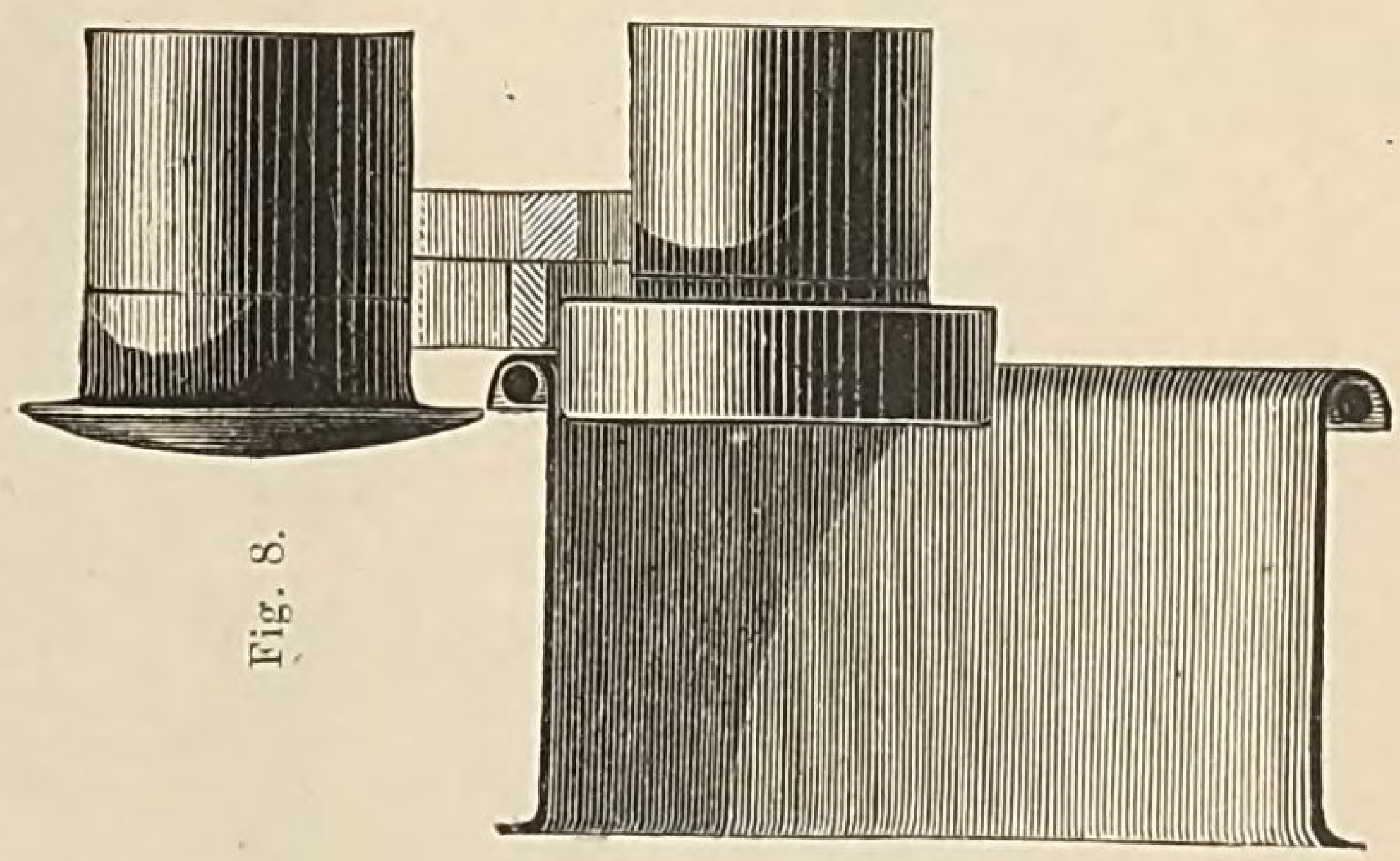

Fig. 3.

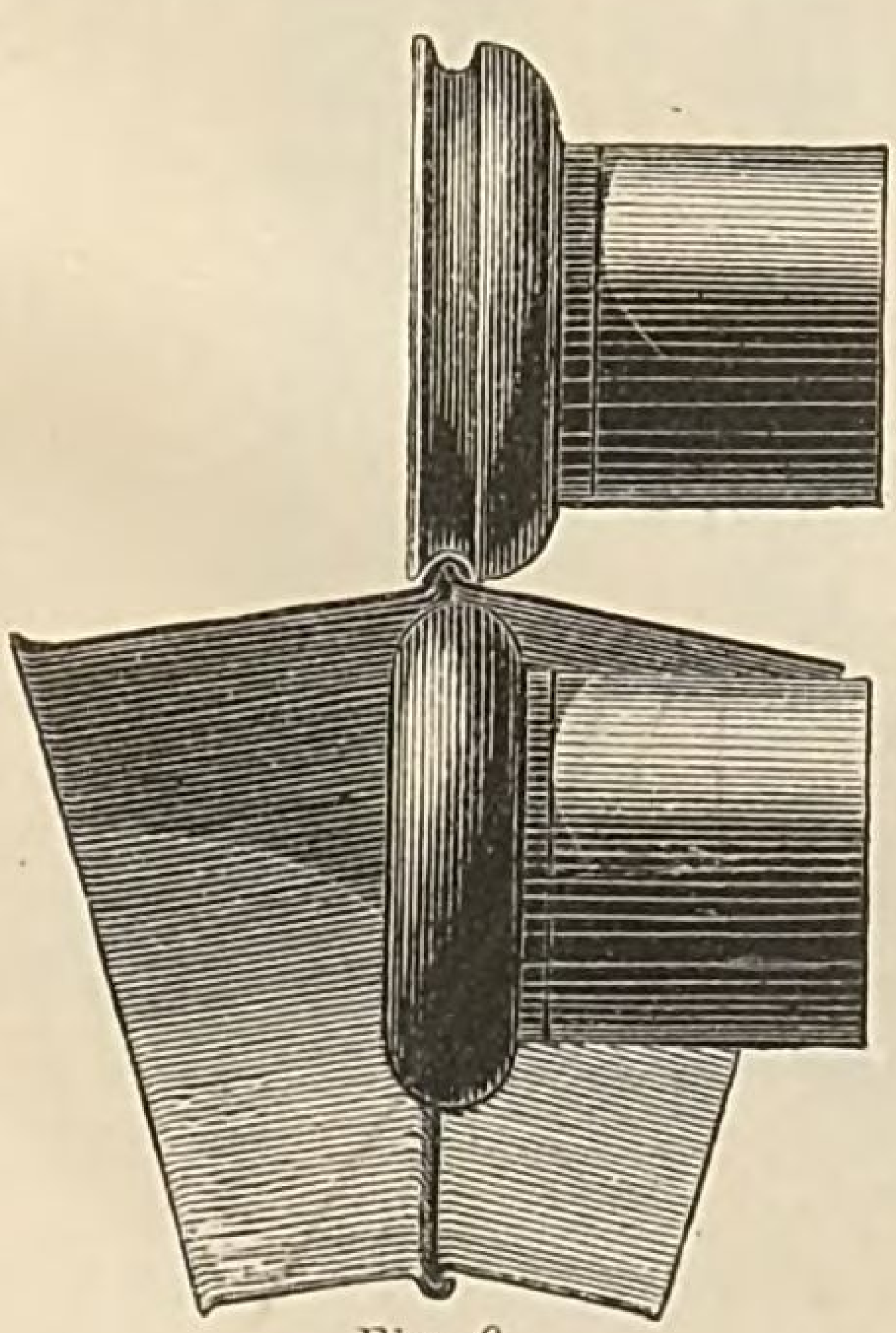

Fig. 4.

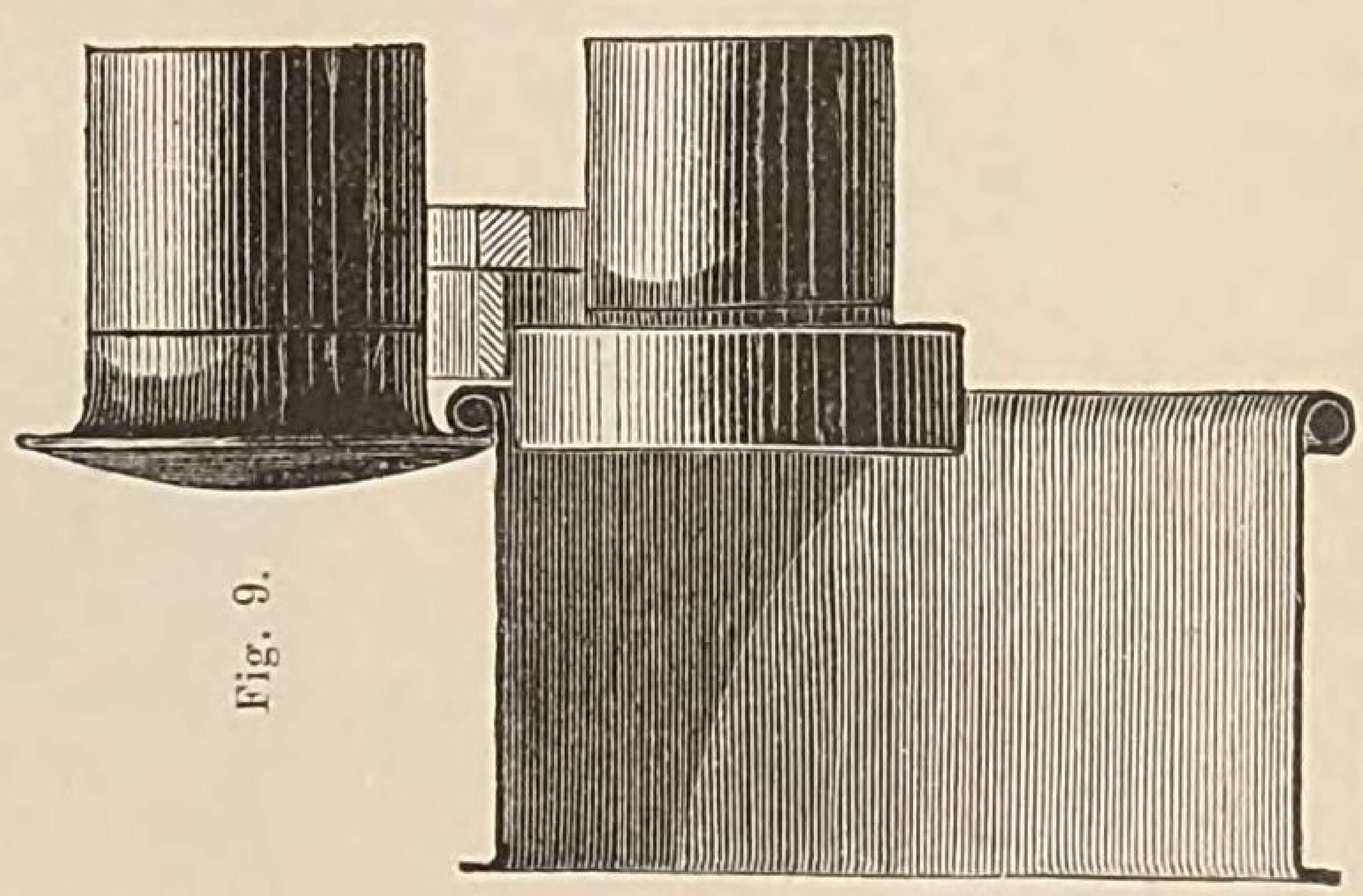

Fig. 2.


Fig. 7.


Fig. 5.


Fig. 8.


Fig. 6.


Fig. 9.

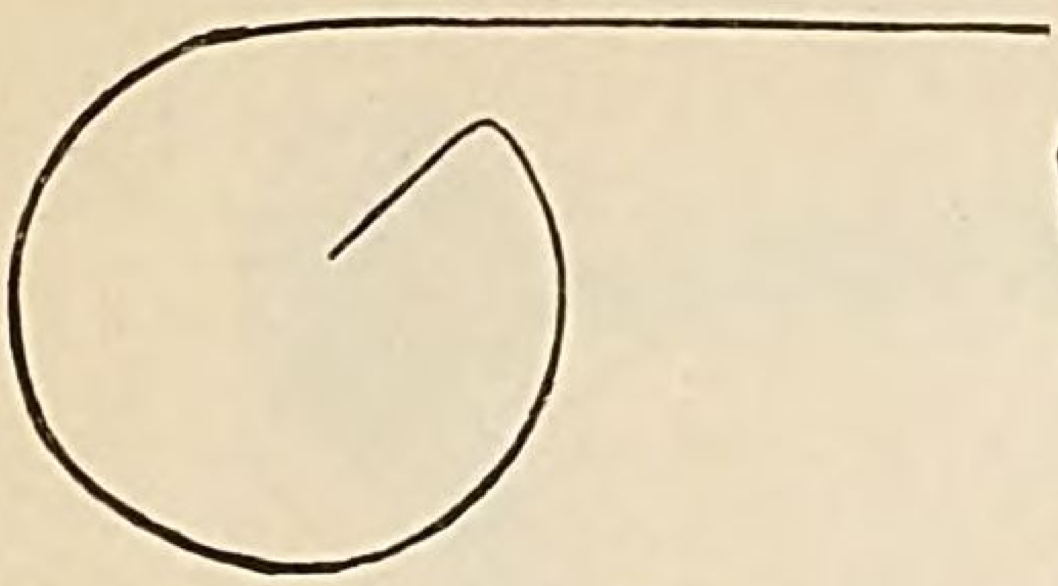


Fig. 2c.

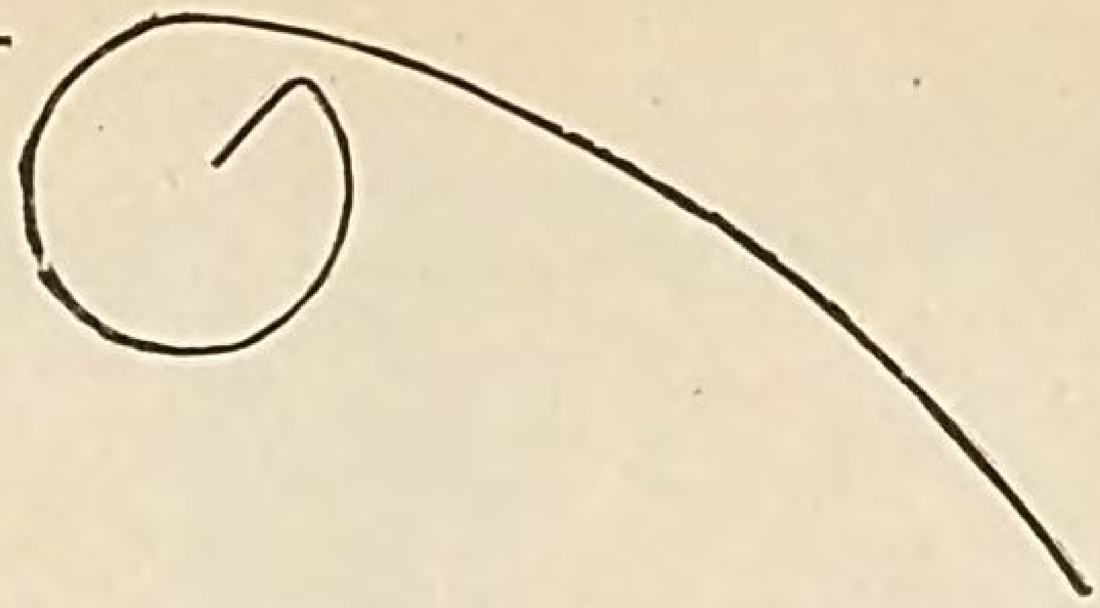


Fig. 2d.

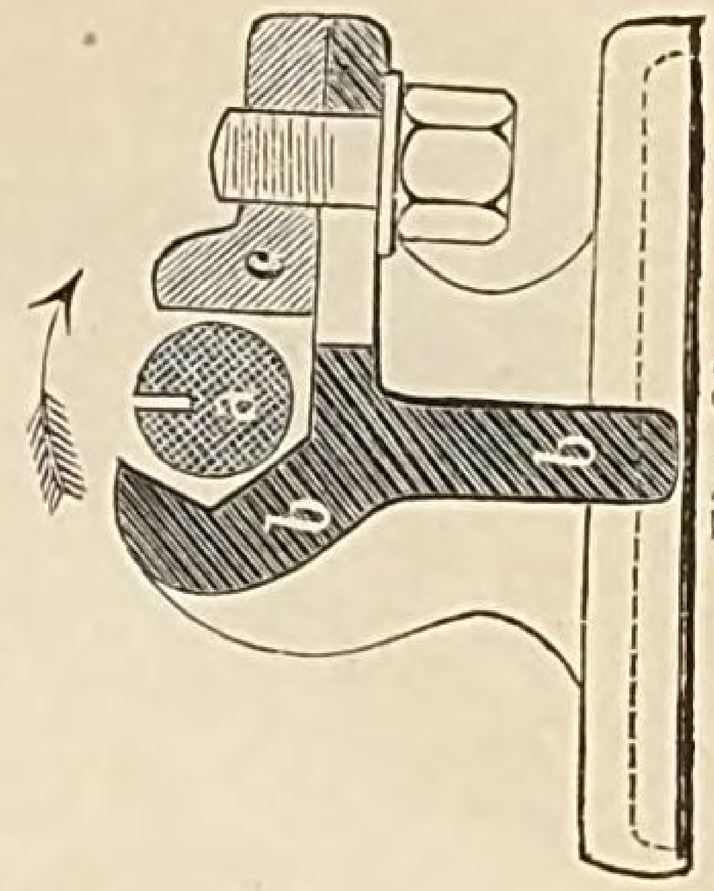


Fig. 2b.

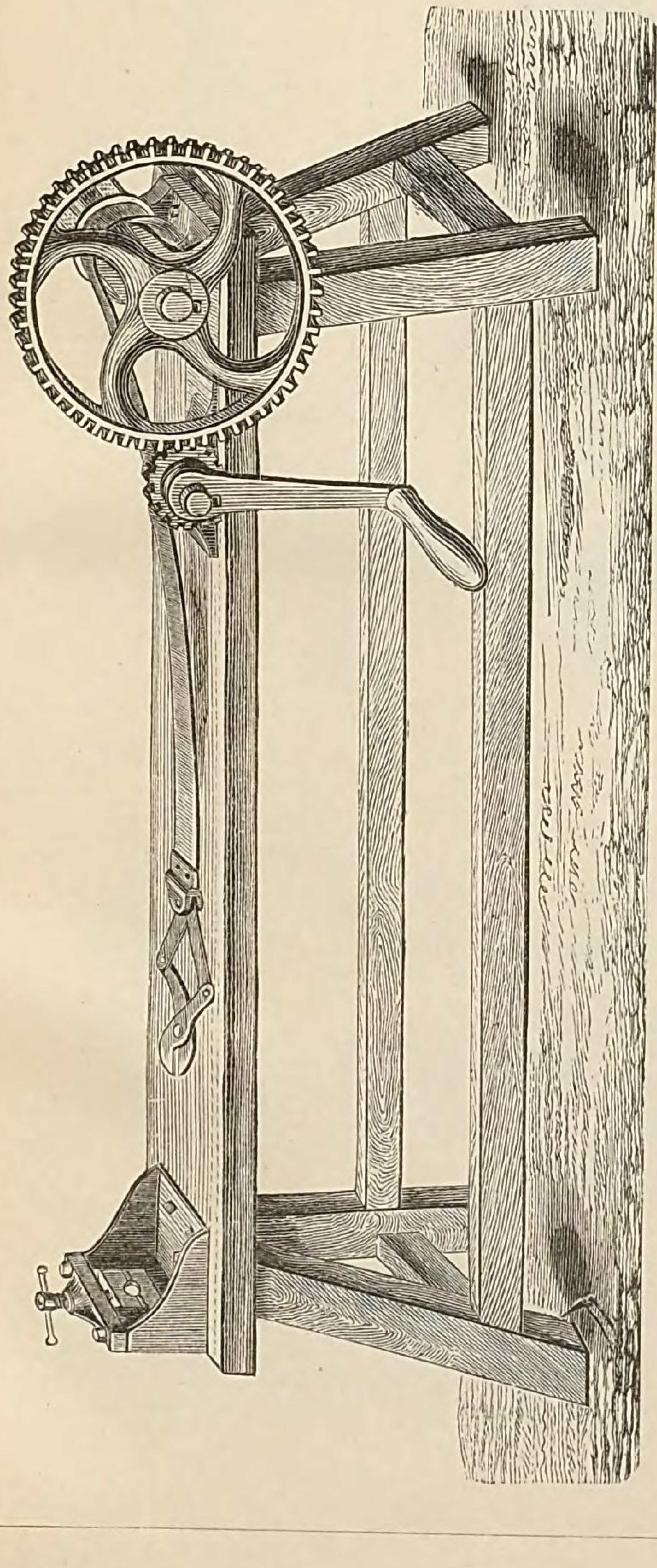


Fig. 1.

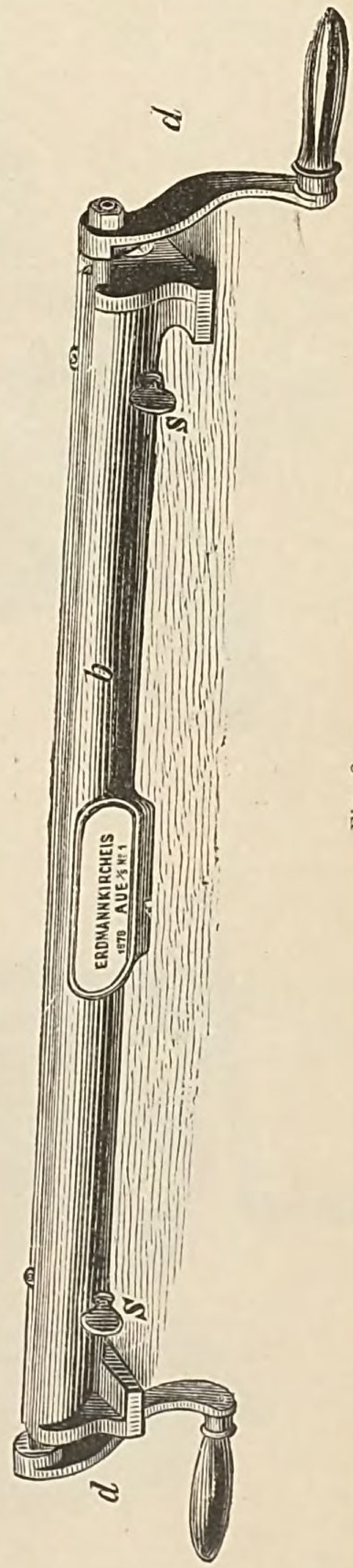


Fig. 2a.

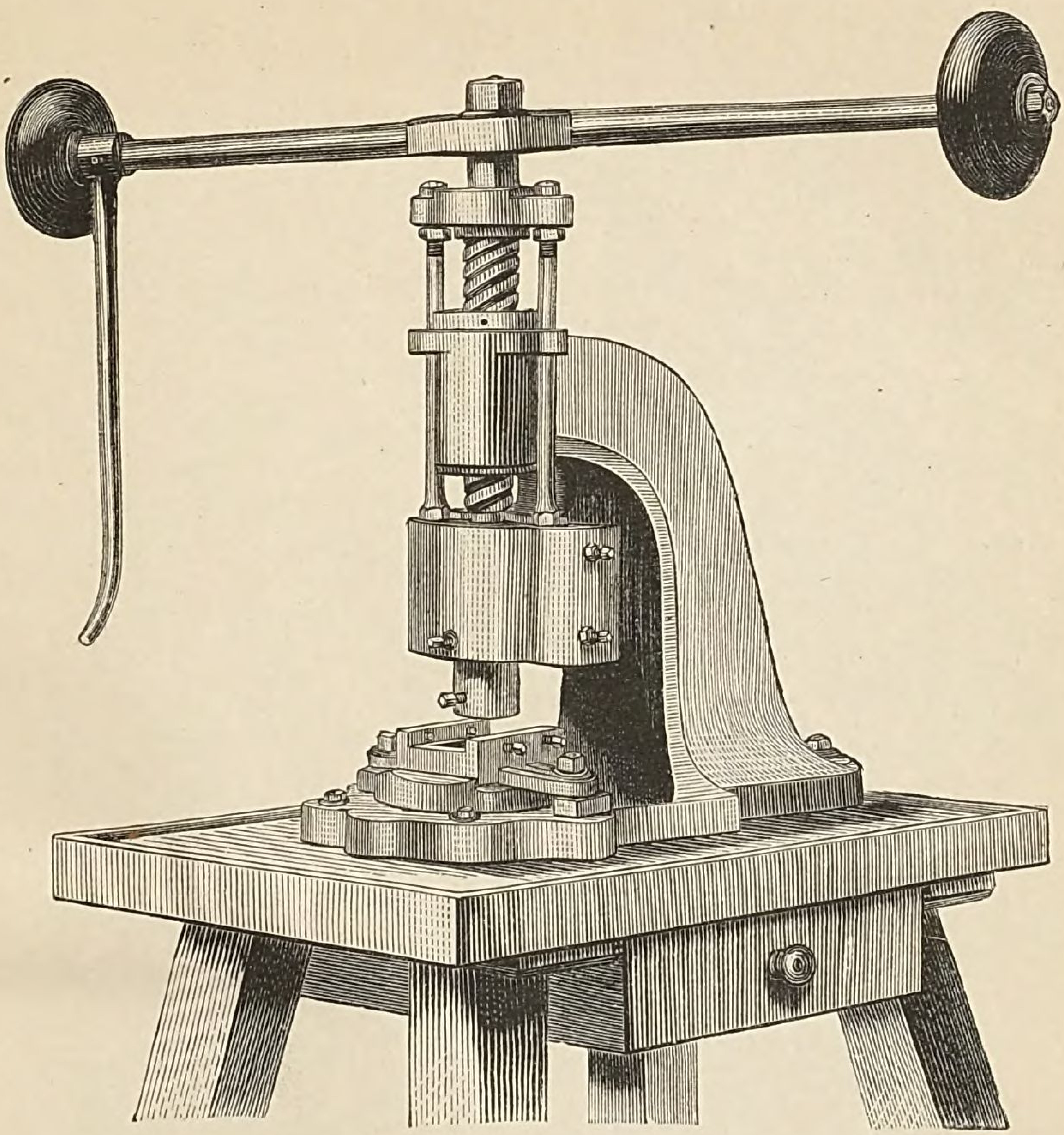


Fig. 1.

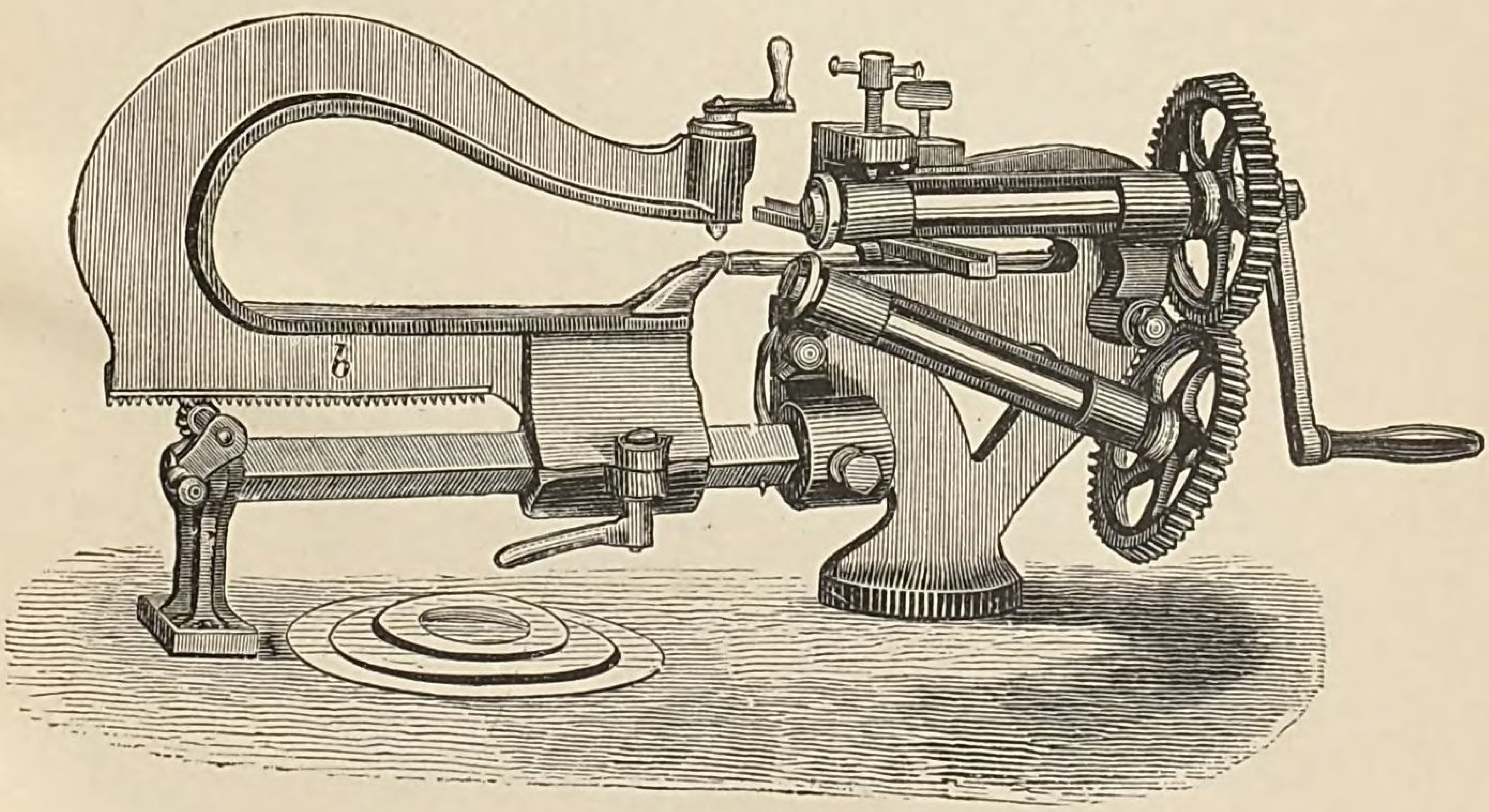


Fig. 2.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Ergebnisse physikalischer Forschung

bearbeitet von

Dr. C. Bohn,

Professor d. Physik a. d. Forstlehranstalt in Aschaffenburg.

Mit 578 Holzschnitten. gr. 8. 1877. geh. 23 *M.* geb. 24 *M* 50 *Pf.*

Das Mikroskop

und die mikroskopische Technik.

Von

Prof. Dr. Heinrich Frey.

Mit 403 Figuren in Holzschnitt und Preisverzeichnissen mikroskopischer Utensilien.

Siebente vermehrte Auflage. gr. 8. 1881. *M* 9, geb. *M* 10.40.

Physikalische Krystallographie

und

Einleitung in die krystallographische Kenntniss der wichtigeren Substanzen

von

P. Groth.

Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 631 Holzschnitten im Text, und 1 Buntdrucktafel.

gr. 8. 1885. geh. *M* 16.—, geb. *M* 17.50.

Populäre Astronomie

von

Sim. Newcomb,

Astronom in Washington.

Deutsche vermehrte Ausgabe

bearbeitet durch

Rud. Engelmann,

Dr. phil.

Mit dem Bildniss W. Herschel's, 2 Sternkärtchen und 207 Holzschnitten.

gr. 8. 1881. geh. *M* 12.—, geb. *M* 13.50.

Stöchiometrie

(Lehrbuch der allgemeinen Chemie. I. Band.)

von

Dr. Wilh. Ostwald

Professor am Polytechnikum in Riga.

Mit 135 Holzschnitten und 2 Tafeln.

gr. 8. 1885. geh. *M* 20.—, geb. *M* 22.50.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Kruis

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Lehmann, Otto

Physikalische Technik speciell Anleitung zur Selbstanfertigung physikalischer Apparate

Leipzig 1885

Techn. 128 t
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11889265-3